

# AGF

BERICHTE

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

Untersuchung des Brandverhaltens  
von Kunststoffolien unterschiedlicher Dicke

2

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LANDESDIENSTSTELLEN  
FÜR FEUERSCHUTZ IN DEN BUNDESLÄNDERN (AGF)

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

AGF

Forschungsbericht Nr.2

"Untersuchung des Brandverhaltens von Kunststoffolien unterschiedlicher Dicke"

von

Dipl.-Ing.Hans Dorn

Otto-Graf-Institut

an der

Technischen Hochschule Stuttgart

Stuttgart

Dezember 1966

EA.Nr.14 (8/63)

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. PROBLEMSTELLUNG	1
2. VERSUCHSMATERIAL	1
3. VERSUCHSANORDNUNG	3
3.1. Proben 100 cm lang	3
3.1.1. Probenhalterung mit Stiften	3
3.1.2. Probenhalterung mit Schnüren	3
3.2. Proben 225 cm lang	4
3.2.1. Anordnung ebenflächig	4
3.2.2. Anordnung gerafft	4
4. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	5
5. VERSUCHSERGEBNISSE	5
5.1. Zersetzungs- und Flammenhöhen	6
5.1.1. Folien in "schwerentflammbarer" Qualität	6
5.1.2. Folien in "Normalqualität"	8
5.2. Gewichtsverlust	8
5.3. Rauchgastemperaturen	9
5.4. Besondere Beobachtungen	11
6. VERSUCHSAUSWERTUNG	11
7. LITERATURVERZEICHNIS	14
8. TABELLEN	15
9. BILDER	22

## 1. PROBLEMSTELLUNG

Seit der Aufstellung der "Vorläufigen Prüfgrundsätze zum Nachweis der Eigenschaft schwerentflammbar von Stoffen im Bauwesen" im Jahre 1959 [1], [2] werden auch Dekorationsfolien - sofern sie als Baustoff im Sinne der Baugesetze anzusprechen sind - nach dem Brandschachtverfahren mit Plattenschloten auf ihr Brandverhalten geprüft. Obwohl dieses Verfahren grundsätzlich die Untersuchung von ebenflächigen Materialien ohne Rücksicht auf deren Dicke oder Flexibilität gestattet, ergeben sich bei dünnen, thermoplastischen Folien bisweilen Schwierigkeiten. Im wesentlichen werden diese beim Versuch durch unbeeinflussbar auftretendes Schrumpfen und Schmelzen unter Feuereinwirkung hervorgerufen (vgl. hierzu [3]). Durch solche Erscheinungen kann einerseits die Aufrechterhaltung der Ebenflächigkeit der Proben im Verlauf des Versuchs erheblich beeinträchtigt werden (z.B. Ausreißen von Folien aus der Halterung), andererseits kann das hiermit auftretende Abfallen von Probenteilen einen sehr unterschiedlichen Verlauf des Brandgeschehens bewirken. Derartige, kaum reproduzierbare Gegebenheiten stellen die erforderlichen Voraussetzungen für eine sichere Beurteilung des Brandverhaltens solcher Folien nach den bei Versuchen gewonnenen Meßwerten infrage.

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, durch systematische Untersuchungen an Folien aus PVC weich verschiedener Dicke, unter Abwandlung von Form, Länge und Befestigung der Proben, die bei Versuchen nach dem Brandschachtverfahren auftretenden Einflüsse festzustellen.

## 2. VERSUCHSMATERIAL

Die verwendeten Folien waren - bis auf eine Ausführungsart - Dekorationsfolien aus PVC weich. Sie hatten zum Teil handels-

übliche Dicken und Ausführungen; zum Teil waren sie eigens für die Versuche in 4 bis 5 zwischen 0,10 und 0,50 mm abgestuften Dicken angefertigt worden <sup>1)</sup>.

Nach ihrer Herkunft erhielten die einzelnen Proben das Gruppenkennzeichen A, B, D oder E, nach ihrer Dicke die Kennzeichen a, b, c, d oder e (Nennstärken entsprechend 0,10; 0,15; 0,20; 0,30 und 0,50 mm) bzw. f und g für Sonderausführungen (vgl. hierzu Tabelle 1). (Die aus dem Handel in zwei verschiedenen Lieferungen bezogenen Proben Eb wiesen Dicken zwischen 0,15 und 0,18 mm auf).

Nach Angaben der Hersteller wurden für Folien in Sonderanfertigung der beiden Gruppen A und B mit abgestuften Dicken durchweg Rezepturen für "schwerentflammbare" Qualität eingesetzt. Für die Folienart D war vom "Prüfausschuß für schwerentflammbare Stoffe im Bauwesen beim Länder-Sachverständigenausschuß für neue Baustoffe und Bauarten" im Jahr 1962 ein Prüfzeichen erteilt worden.

Für die Versuche sind die Folien auf folgende Abmessungen zugeschnitten worden (Länge stets in Richtung der Bahnfertigung):

19 cm x 100 cm	Normalabmessung für Brandschachtversuche gem. DIN 4102, Bl. 10
20 cm x 100 cm	für Schnurhalterung
19 cm x 230 cm	für ebenflächige Proben
42 cm x 230 cm	für geraffte Proben

Die Proben der beiden letztgenannten Abmessungen (nachstehend als "lange" Proben bezeichnet) erhielten an einem schmalseitigen Ende einen durch einfachen Überschlag unter Verklammerung entstandenen, rd. 5 cm breiten, hohlen Saum zur Aufnahme des oberen Befestigungsgestänges beim Versuch.

Bis zur Versuchsdurchführung lagerten alle Proben im Normalklima 20/65 DIN 50014.

---

<sup>1)</sup> Für die bereitwillige Anfertigung und teilweise kostenlose Lieferung von Versuchsmaterial sei hier den Firmen Alkor GmbH., München, und J.H. Benecke GmbH., Hannover-Vinnhorst gedankt.

### 3. VERSUCHSANORDNUNG

Alle Versuche wurden in einem normalen "Brandschacht" gemäß den "Vorläufigen Prüfgrundsätzen zum Nachweis der Eigenschaft schwerentflammbar" [1] (vgl. Bild 1) vorgenommen. Da das Brandgeschehen durchweg innerhalb der ersten 30 s beendet war, ist die Beflamungsdauer vorwiegend auf 2 min (anstelle von normalerweise 10 min) begrenzt worden. Die zweifarbigen Proben Ag (doubliert) wurden stets von der schwarzen Seite her beflammt.

#### 3.1. Proben 100 cm lang

##### 3.1.1. Probenhalterung mit Stiften

Die "normale" Befestigung für flexible Stoffe mittels "Stiften" ist aus Bild 2 ersichtlich. Die 2 x 6 Stifte, über die beiden Längsseiten jeder Probe unter Randabständen von rd. 35 mm entsprechend auf der Haltevorrichtung angeordnet, hatten einen widerhakenähnlichen Kopf mit Spitze (Querschnitt rd. 6 mm x 2,5 mm). Über die Spitze wurde die Folie unter mäßiger Spannung eingedrückt, so daß die gesamte Probenfläche weitgehend in einer Ebene lag. Diese Befestigungsart ist nachstehend als "Stift-Halterung" bezeichnet.

##### 3.1.2. Probenhalterung mit Schnüren

Proben mit geringfügig größerer Breite als Normalproben (rd. 20 cm breit) erhielten anstelle der oben beschriebenen Stifthalterung eine Befestigung durch je eine ringsumlaufende Glasseiden-Schnur. Hierzu wurde entlang jeder Probenlängsseite im Randabstand von rd. 0,5 cm ein Glasseiden-Hohlschlauch heftstichartig eingezogen (Stichweite ca. 3 cm). Die für jede Probe an den Schmalseiten rückwärtig durchlaufende, über eine Zugfeder geschlossene Schnur war so unter schwacher Spannung an je einen Bolzen in jeder Probenecke eingehängt worden, daß von vier Proben jeweils ein

der normalen Anordnung entsprechender, quadratischer Prüfkörper mit ebenen Flächen unter 25 cm x 25 cm lichter Weite gebildet wurde. Die Anordnung ist in Bild 3 dargestellt.

### 3.2. Proben 225 cm lang

#### 3.2.1. Anordnung ebenflächig

Für die Versuche mit den langen Folien wurden je 4 rd. 225 cm lange Proben an der normalen Halterungsvorrichtung derart befestigt, daß sich die Probenunterkanten in üblicher Höhe knapp unterhalb dem Gasbrenner befanden. Die über die Oberkanten der Haltevorrichtung rd. 125 cm hinausragenden Probenteile waren an ihren Oberkanten durch einen in den Saum eingezogenen Rundstahl im Abzugsschacht der Prüfeinrichtung derart befestigt, daß sich jede der vier Flächen der unteren Probenteile vertikal in ihrer Ebene fortsetzte. Einen schematischen Querschnitt hierzu zeigt Bild 4.

#### 3.2.2. Anordnung gerafft

Proben mit den Abmessungen rd. 42 cm x 225 cm wurden unter wechselweiser Faltung in Breitenrichtung durch heftfadenartiges Einziehen je eines Drahtes am oberen und unteren Probenende (Stichweite ca. 5 cm) auf 19 cm Breite gebracht. In den unteren Probenhälften erfolgte entlang den Längsrändern die Befestigung in der Haltevorrichtung auf Stiften, an den oberen Enden entsprechend so, daß unter geringer Vertikalspannung über die ganze Länge der Proben laufende, annähernd gleichmäßig verteilte Falten entstanden.

Bei zusätzlich geprüften, gleichartig angeordneten Proben Eb wurden auf gleiche Weise wie bei den entsprechenden kurzen Proben längsseitig Schnüre eingezogen, die vertikal gespannt worden sind.

#### 4. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Durchführung der Versuche erfolgte unter Regelbedingungen gemäß den "Vorläufigen Prüfgrundsätzen des Prüfausschusses für schwerentflammbare Stoffe im Bauwesen" (vgl. [1][2][4][5]).  
- Die Beflammung ist überwiegend kurzzeitig nach Abschluß des eigentlichen Brandgeschehens an den Proben - meist nach 2 min - beendet worden.

Bei den Versuchen mit den langen Folien wurde nur das in Querschnittsmittelpunkt des Brandschachts angeordnete Thermoelement für die Messung der Rauchgastemperatur herangezogen, da die vier anderen, normalen Thermoelemente jeweils in einer Probenebene lagen und durch die Folienbahnen weitgehend abgedeckt waren. Für vergleichende Auswertungen sind bei kurzen Prüfkörpern vorwiegend ebenfalls nur die durch das Thermoelement in Querschnittsmittelpunkt gemessenen Temperaturen herangezogen worden. Teilweise wurde die Rauchgastemperatur mit einem Kompensationslinienschreiber aufgenommen.

Der Gewichtsverlust wurde stets durch Zurückwiegen der nach Versuchsende unzerstört gebliebenen Probenreste ermittelt, da Wägungen beim Versuch keine ausreichende Genauigkeit erwarten ließen bzw. bei den langen Folien solche nicht vorgenommen werden konnten.

Normalerweise sind je zwei gleichartige Versuche ausgeführt worden, und zwar für alle vier oben beschriebenen Versuchsanordnungen (vgl. Tabelle 1).

#### 5. VERSUCHSERGEBNISSE

Für die Auswertung der Ergebnisse wurden die wesentlichen Kriterien zur Beurteilung der Schwerentflammbarkeit nach den "Vorläufigen Prüfgrundsätzen des PA III" herangezogen, nämlich unzerstörte Restlängen der Proben und max. Flammenhöhen beim Versuch. Zusätzlich sind die Gewichtsverluste (Abbrand) berücksichtigt

worden. Weiterhin wurden die beim Versuch gemessenen Rauchgas-temperaturen vergleichend ausgewertet. Einzel-Meßwerte hierzu gehen aus den Tabellen 3, 4, 5 und 6 hervor.

Um den Abbrand bei unterschiedlich langen Proben augenfällig zu vergleichen, ist in den Säulendiagrammen anstelle der üblicherweise angewendeten "Länge des unzersetzten Probenteils" als Maß die Länge des zersetzten Probenteils (auch als Abbrand- oder Zersetzungshöhe bezeichnet) angeführt. Dabei bedeuten 100 cm bzw. 225 cm, entsprechend der Probenlängen, Zersetzung über die ganze Probenhöhe ("völliger Abbrand").

Im einzelnen lassen sich folgende Gegebenheiten erkennen:

#### 5.1. Zersetzungs- und Flammenhöhen

##### 5.1.1. Folien in "schwerentflammbarer" Qualität

Die Folien der Gruppe A mit 100 cm Länge (außer Af) zeigten beim Versuch nahezu unabhängig von ihrer Dicke nur mäßige Entflammung. Eine Ausnahme machte die Probe Ag (doublierte Folie), die infolge relativ hoher Eigenflammen beim Versuch nahezu gänzlich abbrannte. Alle übrigen Folien - sowohl mit Stift - als auch mit Schnurhalterung - behielten fast durchweg Restlängen zwischen 40 und 60 cm (vgl. hierzu Bild 5 sowie die fotografischen Darstellungen der Bilder 6a bis 6e <sup>1)</sup>).

Weiter ist ersichtlich, daß bei den langen Folien die ebenflächigen Proben - ebenfalls mit Ausnahme der Proben Ag - praktisch gleich hohe, maximale Flammen und Zerstörungslängen wie normal-lange Proben auswiesen, d.h. die Brandwirkung reichte nicht über die bei den gleichartigen kürzeren Folien entstandene hinaus. Bei den gerafften (langen) Proben wurden zwar keine nennenswert größeren Eigenflammen beobachtet, doch war zum Teil eine geringfügig

---

1) Die hier abgebildeten Einzelproben entsprechen weitgehend dem jeweiligen rechnerischen Mittelwert in Bezug auf sichtbare, unzersetzte Probenfläche.

höhere Brandwirkung (Schmelzen, Aufreißen von Löchern, von Haltestiften ausgehend) festzustellen. Die doublierte Folie (Proben Ag) wies sowohl bei den kurzen als auch bei den langen Proben Flammhöhen über 100 cm auf.

Bei den Proben der Gruppe B trat teilweise ein deutlicherer Unterschied zwischen den verschiedenartig befestigten, 100 cm langen Proben auf: Die Folien mit Stifthalterung ergaben in den Dicken 0,10, 0,15 und 0,20 mm Zerstörungslängen von rd. 55 bis 70 cm, in der Dicke 0,30 mm i.M. rd. 80 cm (wobei einzelne Proben bereits gänzlich abbrannten) und bei der größten Dicke von 0,50 mm Zersetzungshöhen von 100 cm (unzerstörte Restlänge 0). Im Gegensatz hierzu brannten die Proben aller Dickenvarianten mit Schnurhalterung durchweg gänzlich ab (vgl. Bild 7 und Bilder 8a bis 8e). Die langen, ebenen Folien mit Stifthalterung verhielten sich im Abbrandumfang durchschnittlich geringfügig ungünstiger als die gleichartigen kurzen Folien. Sie zeigten darüberhinaus mit steigender Dicke ebenfalls die Tendenz zunehmender Zersetzungshöhe.

Bei den langen gerafften Proben war die Dickenabhängigkeit des Brandumfangs im Bereich mittlerer Foliendicken (0,15/0,20/0,30 mm) nicht signifikant, jedoch zeigten die dicksten Proben (0,50 mm) deutlich den größten Abbrand. Die größere Brandintensität bei letztgenannten Proben geht sowohl aus dem max. Temperaturanstieg auf i.M. rd. 256°C (gegenüber rd. 150 bis 170°C bei den dünneren Folien) als auch aus den beobachteten Flammhöhen (vgl. Bild 7) hervor.

Insgesamt kann bei der überwiegenden Zahl beider Probenarten A und B mit Flammhöhen bis zu 100 cm ein direkter Zusammenhang zwischen beobachteten, maximalen Flammhöhen und Abbrandhöhen (Zersetzung) festgestellt werden. Bei größeren Flammhöhen als 100 cm waren die kurzen Proben stets gänzlich, die langen, ebenflächigen über diese Höhe hinaus zerstört, während die langen, gerafften Proben bei größeren Flammhöhen deutlich weniger hochreichend zersetzt worden waren.

Vergleicht man die Abhängigkeit der Abbrandhöhen von den Dicken

bei beiden Probenmaterialien A und B an Hand der Versuche mit den kurzen und den langen Proben, wie dies aus Bild 9 hervorgeht, so ist bei den Folien A keine eindeutige Zuordnung gegeben, jedoch ist bei den Folien B die Tendenz ansteigender Abbrandhöhe mit zunehmender Dicke ersichtlich.

### 5.1.2. Folien in "Normalqualität"

Die Folien in "Normalqualität" zeigten z.T. ein wesentlich anderes, z.T. ein fast gleichartiges Verhalten wie die beschriebenen Proben:

Gänzlicher Abbrand trat bei allen Proben der Gruppe Af und Db (0,15 mm dicke Folien) auf, und zwar bei den erstgenannten sowohl bei den 100 cm langen Proben mit und ohne Schnurhalterung als auch bei den 225 cm langen Proben. Die Flammenhöhen waren dabei stets größer als 100 cm (vgl. hierzu Bild 10 und Bilder 11a bis 11e). Die Folien Eb und Ec (0,15 bis 0,20 mm dick) verhielten sich sehr ähnlich wie die Proben Bb bzw. Bc gleicher Dicke. So hatten die 100 cm langen Proben mit Stifthalterung in einem Fall unzersetzte Probenhöhen von 0, im anderen von i.M. rd. 43 cm, während die Proben mit Schnurhalterung in allen Fällen gänzlich abgebrannt waren (vgl. hierzu besonders die Bilder 11c, 11d und 11e mit Bild 8b). Bei den 225 cm langen Folien in normaler Halterung waren die mittleren Zersetzungshöhen bei den ebenen Proben mit rd. 77 cm (Eb) bzw. rd. 82 cm (Ec) gegenüber denen der Gruppe Bb bzw. Bc geringfügig günstiger, während die gerafften Proben der Gruppe E insgesamt die kleinsten Zersetzungshöhen, und zwar gleich große wie die gleich dicken Proben der Gruppe A aufwiesen. Auffallend war bei den langen Folien mit Schnurhalterung, daß die ebenflächigen Proben (Eby u) bei einem Prüfkörper gänzlich, bei einem anderen bis auf i.M. rd. 75 cm Restlänge abbrannten (Zersetzungshöhe im Gesamt-Mittel rd. 180 cm), während die gerafften Folien keinen Unterschied zu gleichartigen Proben mit Stifthalterung zeigten (vgl. hierzu Bild 11e).

### 5.2. Gewichtsverlust

Die durch Brandeinwirkung aufgetretenen Gewichtsverluste der

Proben, die allerdings auch evtl. abgeschmolzene Probenteile enthalten, sind in den Bildern 5, 7 und 10 als prozentuale Werte aufgetragen. Hieraus ist an Hand der direkt vergleichbaren Säulendiagramme des nicht zersetzten Probenteils und des relativen Gewichtsverlusts bei den 100 cm langen Proben zu entnehmen, daß die Rechenwerte "Abbrandhöhe" infolge Gewichtsverlust fast durchweg geringfügig unterhalb der durch Längenmessung gefundenen "Zersetzungshöhe" (Ergänzungswert zur nicht zersetzten Länge) blieben.

### 5.3. Rauchgastemperaturen

Die bei den Versuchen aufgenommenen Rauchgastemperaturen lassen augenfällige Vergleiche über den Verlauf des Brandgeschehens bei den verschiedenen Prüfkörpern zu. Wie aus den Bildern 12a bis 12d für die Proben der Gruppe A hervorgeht, entwickelten sich bei 100 cm langen Proben mit Stifthalterung und mit Schnurhalterung nahezu gleiche Temperaturen. Infolge des raschen Durchbrennens der Proben in ihren unteren Bereichen liegen die erreichten Temperaturkurven deutlich unterhalb der sogenannten "Nullkurve" des Brandschachts, die die Temperaturentwicklung durch die Heizgaszufuhr bei Verwendung von vier Proben aus unbrennbaren Platten darstellt. (Da hier lediglich das in Schachtmitte befindliche Thermoelement herangezogen wurde, liegt diese in den Bildern eingezeichnete "Nullkurve" höher als der der Mittelwertskurve von 5 Temperaturmeßstellen entsprechende Verlauf).

Bei den 225 cm langen, ebenflächigen Folien stiegen die Rauchgastemperaturen - durchweg mit anfänglicher, kurzzeitiger Spitze, bei den langen, gerafften Proben jedoch ohne ausgeprägte Spitze - auf insgesamt höhere Werte an. Dies ist im wesentlichen auf die bei den langen Folien gegebene Anordnung des Thermoelements innerhalb des von den vier Proben gebildeten, röhrenartigen Schlot zurückzuführen, der der Meßstelle zwangsläufig eine größere Wärmemenge als bei kurzen Prüfkörpern - bei gleicher Wärmeentwicklung an den Proben - zuführt. Im übrigen tritt die beim Brand freigesetzte, mit zunehmender Probendicke ansteigende Wärmemenge in den entsprechend höher liegenden Temperaturkurven deutlich zutage.

Am höchsten lagen die Spitzentemperaturen für die Proben Ag (doublierte Folie, 0,3 mm dick), bei denen in allen Versuchen nach rd. 1 min Beflammungsdauer das Temperaturmaximum erreicht war - wenn auch nach Probenart bzw. -befestigung in sehr unterschiedlicher Höhe.

Grundsätzlich andersartig stellten sich die Temperatur-Zeitkurven bei den Proben der Gruppe B dar, die in den Bildern 13a bis 13d wiedergegeben sind. Hierbei sind große Unterschiede sowohl im Verlauf als auch in den Werten der Spitzentemperaturen zwischen den 100 cm langen Proben mit Stift- und mit Schnurhalterung zu erkennen. Bei den erstgenannten ergeben nur die Folien der beiden größten Dicken (0,3 und 0,5 mm) ein ausgeprägtes Maximum, während bei den Folien mit Schnurhalterung alle fünf unterschiedlich dicken Proben ein im Beginn der Feuerbeanspruchung liegendes, relativ hohes Temperaturmaximum entstehen lassen. Deutlich ist bei allen Probenanordnungen die Verschiebung des Temperaturspitzen-Zeitpunkts mit zunehmender Foliendicke in Richtung Versuchsfortschritt gewesen. Bei den langen, gerafften Proben lagen auch hier die Spitzenwerte der Temperaturen überwiegend niedriger als bei den ebenflächigen Proben.

Als charakteristische Erscheinung ergab sich für solche Proben mit 100 cm Ursprungslänge, deren Zersetzungshöhe nach dem Brandversuch deutlich unterhalb 100 cm geblieben war, daß deren Rauchgastemperaturen keinen steilen Anstieg mit Spitze innerhalb der ersten 30 s aufwiesen. Zudem waren bei den als positiv im Sinne schwerentflammbarer Qualifizierung befundenen Proben dieser Anordnung die Temperaturwerte zu Beginn der Versuche stets unterhalb 100°C geblieben (vgl. die Bilder 13).

Aus den Bildern 14a und 14b ist zu erkennen, daß bei einigen Proben mit sehr rascher Brandentfaltung ein deutlicher Unterschied in der Temperatursteigerung im Anfangsstadium der Beflammung zwischen Proben mit Schnurhalterung und Stifthalterung auftrat. Obwohl diese Proben nahezu gänzlich abbrannten, ist der Brandverlauf bei den erstgenannten heftiger als bei denen mit Stifthalterung gewesen.

Bei den langen Proben (Bild 14c) trat - trotz i.allg. kleineren Abbrandes - auch hier eine rasch verlaufende Erhöhung der Temperaturen ein. Dies ist offensichtlich überwiegend der bereits oben erwähnten Schlotwirkung des Versuchskörpers zuzuschreiben.

#### 5.4. Besondere Beobachtungen

Die Schwankungen der Versuchsergebnisse hinsichtlich "Zersetzungshöhe" sind bei den Versuchen mit Stifthalterung teilweise sehr groß. In einigen Fällen traten allerdings auch Abweichungen der Gaszufuhr am Brenner vom Sollwert auf, die - obwohl sie im allgemeinen innerhalb der Toleranzen lagen - bisweilen offensichtlich das Versuchsergebnis beeinflussten.

Eine im Anschluß an die Brandversuche nach mehrmonatiger Lagerung dicht gepackter Folienreste an diesen festgestellte, starke oberflächige Klebrigkeit deutet darauf hin, daß den Problemen eventueller Veränderlichkeit solcher Stoffe Aufmerksamkeit geschenkt werden muß.

Als auffallendes Einzel-Ergebnis trat hervor, daß eine Folie, die vor einigen Jahren nach dem normalen Brandschachttest (Stifthalterung) positiv bewertet worden war, sich neuerdings als ausgesprochen rasch und völlig abbrennend erwies; überdies verhielt sich diese Folie De deutlich ungünstiger als andere, herstellmäßig als "schwerentflammbar" bezeichnete Folien neuer Fertigung.

In Tabelle 2 sind die Qualifizierungen, wie sie sich für die untersuchten Folien normaler Abmessungen in unterschiedlichen Halterungen nach den Beurteilungskriterien der "Vorläufigen Prüfgrundsätze des PA III" ergeben, angeführt.

## 6. VERSUCHSAUSWERTUNG

Bei den zur Beurteilung der "Schwerentflammbarkeit" von PVC-weich-Folien in verschiedenen Dicken ausgeführten Brandversuchen

unter Abwandlung der im Normalversuch (DIN 4102, Blatt 10) üblichen Länge und Befestigungsart stellten sich folgende, wesentliche Erkenntnisse heraus.

Die Größe der nach Versuchsende in der Haltevorrichtung verbliebenen Probenreste kann von der Halterung der Proben, je nach Art bzw. Herstelleigenheiten der Folie, stark beeinflusst werden. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf unterschiedliches, thermisches Verhalten dieser Materialien unter der beim Versuch plötzlich einwirkenden Hitzebeanspruchung zurückzuführen. Bei der normgemäßen Fixierung der Proben auf Stiften ist ein rasch nach Entflammung auftretendes Ausreißen der Folienränder an den Befestigungslöchern bisweilen unvermeidlich. Dies kann in einem Fall durch Abfallen von flammentragenden Probenteilen und damit erfolgreichem raschen Entzug der Feuerquelle einen kleinen, in einem anderen Fall durch Abfallen von unverbrannten Probenstücken einen scheinbar großen "Abbrand" zur Folge haben.

Daß diese Unterschiede zwischen beiden Befestigungsarten materialabhängig und nicht vorrichtungsbedingt sind, beweisen die Vergleiche der analogen, 100 cm langen Proben der Gruppe A und B, aus denen hervorgeht, daß vergleichbare Probenbefestigungen bei verschiedenen Materialien sehr unterschiedliche Ergebnisse hervorrufen können. Die linienförmige, elastische Probenbefestigung (Schnurhalterung) stellt somit bei den untersuchten Folien diejenige Fixierung dar, die unter den Versuchsgegebenheiten ein eindeutiges Brandverhalten zutage treten läßt. Darüberhinaus sind bei der praktizierten Schnurhalterung die bei thermoplastischem Versuchsmaterial kaum zu vermeidenden Schwankungen der Ergebnisse deutlich kleiner im Vergleich zur bisher üblichen, punktförmigen Stifthalterung.

Bei Stoffen mit niedriger Abbrandgeschwindigkeit, wie dies für die verwendeten, als "schwerentflammbar" bezeichneten Folien teilweise zutraf, reicht die beim Brandschachtverfahren normalerweise angewendete Probekörperhöhe von 100 cm unter Schnurhalterung aus, um gegebenenfalls nennenswerte, unzersetzte Restlängen eindeutig festzustellen. Die bei solchen schwerentflammbaren Folien

in den Brandversuchen bisweilen zu beobachtenden, kurzzeitig bis an die Probenoberkante reichenden oder kurzzeitig darüber hinausschlagenden Flammen bewirken offenbar unter der gegebenen Anordnung und Feuerbeanspruchung keine direkte Weiterleitung des Brandes nach oben. Dies trifft auch für in etwa doppelter Probenmasse geraffte Folien gleicher Art zu. Andererseits kann die Feststellung "völliger Abbrand" (entsprechend "unzersetzte Probenlänge 0"), also bei eindeutig nicht schwerentflammbarem Baustoff, bei größerer, vertikaler Abmessung als 100 cm bei solchen freihängenden Folien bedeuten, daß die Branderscheinungen und -wirkungen u.U. wesentlich höher als 100 cm über die Feuerquelle reichen.

Um die bisher offensichtlichen Schwierigkeiten bei der Untersuchung von Folien und ähnlichen Stoffen zur Qualifizierung nach den "Vorläufigen Prüfgrundsätzen des PA III" zu vermeiden, wird empfohlen, bei dünnen (flexiblen), stark schrumpfenden Baustoffen im Brandschachtverfahren "Schnurhalterung" anzuwenden.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Wolgast, W.:  
Prüfverfahren auf Schwerentflammbarkeit für  
brennbare Stoffe - außer Holz.
- [2] Wolgast, W.:  
Schwerentflammbare Baustoffe.  
VFDB-Zeitschrift, 12 (1963), Nr. 2, S. 58-73.
- [3] Dorn, H.:  
Entwicklung des Plattenschlot-Brandschachtverfahrens  
zum Nachweis der Schwerentflammbarkeit von Baustoffen  
in Anlehnung an DIN 4102.  
Materialprüfung, 5 (1963), Nr. 2, S. 58-65.
- [4] Baurechtliche Einführung der Prüfung von schwerentflamm-  
baren Stoffen" durch die "Ergänzenden Bestimmungen zu  
DIN 4102"; vgl. z.B. 4. Baunormenerlaß des Inn.-Min.  
Bad.-Württ. vom 28.8.1964, abgedruckt im Gemeins. Amts-  
blatt Bad.-Württ. Ausg. A., 12. Jahrg., Nr.26 v.20.10.64.
- [5] DIN 4102, Blatt 10 (Oktober 1966).  
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen -  
Ergänzende Bestimmungen.

Tabelle 1. Bezeichnung, Kennwerte und Versuchsanordnung der Proben

Grundkennzeichen	Farbe	Nennstärke	Flächengewicht (gerundet)	Für die Versuche folgen- dermaßen verwendete Proben (je 2 Versuchskörper)				Liefer-Be- zeichnung	
				Flächenabmessung der Proben (cm x cm)		Anordnung		Art (Qualität) Liefernummer	Entflammbarkeit
		mm	g/m <sup>2</sup>	n	u	y	z		
Ab	wein- rot	0,15	160	x	x	x	x	Dekor- Folie  35050	s
Ac		0,20	240	x	x	x	x		
Ad		0,30	340	x	x	x	x		
Ae		0,50	640	x	x	x	x		
Ag		schwarz/ creme	0,30	360	x	x	x		
Ba	weiß	0,10	150	x	x	x	x	Dekor- Folie  5285	s
Bb		0,15	210	x	x	x	x		
Bc		0,20	260	x	x	x	x		
Bd		0,30	400	x	x	x	x		
Be		0,50	640	x	x	x	x		
Af	weiß	0,15	180	x	x	x	x	Dekor- Folie 35 130	n
Db	creme	0,15	150	x	x	-	-	5202	s
Eb	weiß	0,15/	190/	x	x	x <sup>2)</sup>	x <sup>2)</sup>	./.	n
Ec		0,17	200						

1) s bedeutet "schwerentflammbar" (Nachweis liegt bisher überwiegend nicht vor)  
n bedeutet "Normalqualität"

2) zusätzlich je 1 Körper mit Schnurhalterung geprüft

3) Gesamtbreite der Folien jeweils rd. 42 cm (vgl. Abschn. 3.2.2)

Tabelle 2. Mittlere Länge des nicht zersetzten Probenteils und Qualifizierung gemäß den vorläufigen Prüfgrundsätzen als "schwerentflammbarer Baustoff" im Sinne von DIN 4102

Probenbezeichnung (Gruppe)	Nenn- dicke	Proben mit <u>Stifthalterung</u>		Proben mit <u>Schnurhalterung</u>	
		mittlere nicht zer- setzte Proben- länge	Klassifi- kation als Bau- stoff Kl. B 1	mittlere nicht zer- setzte Proben- länge	Klassifi- kation als Bau- stoff Kl. B 1
	mm	cm		cm	
Ab	0,15	41	+	38	+
Ac	0,20	48	+	46	+
Ad	0,30	50	+	50	+
Ae	0,50	64	+	55	+
Ag	0,30	30	(+) <sup>1)</sup>	0	-
Ba	0,10	42	+	0	-
Bb	0,15	29	+	0	-
Bc	0,20	36	+	0	-
Bd	0,30	20	(+) <sup>1)</sup>	0	-
Be	0,50	0	-	0	-
Af	0,15	0	-	0	-
Db	0,15	0	-	0	-
Eb	0,15	(21)	(-) <sup>1)</sup>	0	-
Ec	0,20	./.	+ <sup>2)</sup>	./.	./.

1) Qualifizierung nicht eindeutig

2) Positives Verhalten wahrscheinlich (nur 225 cm lange Proben geprüft)

Tabelle 3. Meßwerte bei Brandversuchen, Proben 100 cm lang,  
Stifthalterung

Probe- körper- Bezeichn.	Länge des nicht zersetzten Probenteils			max. Rauchgas- temperatur in Kaminmitte		max. Flammenhöhe				Ausgangs- gewicht von je 4 Proben	Gewichtsverlust (Abbrand)			
	Einzelwerte	Teil- Mittelwerte	Gesamt- Mittelwerte 3)	erreicht nach Versuchs- Dauer	erreicht nach Versuchsdauer	Einzel- werte	Mittel- werte 3)	erreicht nach Versuchsdauer	erreicht nach Versuchsdauer		absolut	relativ Einzel- Mittel- werte 3)		
	cm	cm	cm	°C	s	cm	cm	s	s	g	g	%	%	
Abn   I	29/53/49/33	41	-	88	25	50	-	3	-	119	52	43,7	-	
Acn   I	63/53/52/45	53	48	86	40	60	55	3	4	181	79	43,6	42,9	
	II	46/52/41/33	43	-	-	50	-	5	-	183	77	42,1	-	
Adn   I	46/54/54/34	47	50	-	-	60	55	5	5	263	101	38,4	37,0	
	II	67/30/52/58	52	-	75	45	-	5	-	254	90	35,5	-	
Aen   I	52/70/51/60	58	64	-	-	50	50	8	6	491	156	31,8	29,2	
	II	73/74/63/70	70	-	75	50	-	5	-	492	131	26,6	-	
Afn   I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	-	-	>100	>100	3	4	141	~141	~100	~100	
	II	0/ 0/ 0/ 0	0	0	220	15	-	5	-	143	~143	~100	~100	
Agn   I	51/56/38/54	50	-	87	20	>100	-	10	-	271	129	47,6	-	
	II	0/ 0/ 0/ 0	0	(30)	> 130	20	>100	(90)	5	10	274	~274	~100	(68,0)
	III	43/39/34/43	40	-	104	6	70	-	15	-	264	149	56,5	-
Ban   I	47/49/36/45	44	42	85	30	50	65	5	5	115	47	40,9	42,0	
	II	31/48/35/44	40	-	84	36	80	-	-	114	49	43,0	-	
Bbn   I	23/32/34/28	29	-	85	10	70	-	8	-	154	85	55,2	-	
Bcn   I	32/27/22/31	28	36	88	13	80	80	10	9	200	114	57,0	50,9	
	II	49/51/42/33	44	-	81	25	80	8	-	203	90	44,7	-	
Bdn   I	0/20/11/ 0	(8)	(20)	137	15	>100	>100	10	12	298	259	86,9	74,2	
	II	14/40/35/41	32	-	105	23	>100	-	-	301	185	61,4	-	
Ben   I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	183	22	>100	>100	12	12	488	~488	~100	~100	
	II	0/ 0/ 0/ 0	0	0	205	24	>100	-	-	479	~479	~100	~100	
Dbn   I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 125	10	>100	>100	5	5	114	~114	~100	~100	
	II	0/ 0/ 0/ 0	0	> 130	15	>100	-	-	-	115	~115	~100	~100	
Ebn   I	0/ 0/ 0/ 0	0	(21)	> 360	10	>100	(85)	5	6	153	~153	~100	(71,3)	
	II	24/54/59/36	43	-	121(114)	120(12)	70	-	-	160	68	42,5	-	

3) Klammerwerte fraglich wegen stark unterschiedlicher Einzelwerte

Tabelle 4. Meßwerte bei den Brandversuchen, Proben 100 cm lang,  
Schnurhalterung

Probe- körper- Bezeich- nung	Länge des oberflächig nicht zersetzten Probesteils			max. Rauchgas- temperatur in Kaminmitte 2)	erreicht nach Versuchs- dauer 2)	max. Flammenhöhe		Ausgangs- gewicht von je 4 Proben	Gewichtsverlust (Abbrand)			
	Einzel- werte	Teil- Mittelwerte	Gesamt- werte			erreicht nach Versuchs- dauer	absolut		relativ			
									cm	cm	cm	g
cm	cm	cm	°C	s	g	g	%	%				
Abu	I	22/51/27/22	31	37,5	(81)	(28)	50	3	125	23	18,4	21,5
	II	30/31/68/45	44		(94)	(30)	50-60	3	122	30	24,6	
Acu	I	59/33/60/38	48	46	(60)	(6)	60	5	186	35	18,8	22,5
	II	47/44/54/30	44		(95)	(18)	50-60	5	195	51	26,2	
Adu	I	54/54/63/52	56	50	(81)	(35)	50	5	273	55	20,2	24,7
	II	54/37/50/34	44		(98)	(12)	70	8	281	82	29,2	
Aeu	I	53/57/56/56	56	54,5	(75)	(22)	50	10	512	133	26,0	29,3
	II	54/68/56/34	53		(103)	(22)	60	15	510	166	32,6	
Afu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 250	(10)	> 100	4	147	~147	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		> 360	8	> 100	3	152	~152	~100	
Agu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 360	11	> 100	5	281	~281	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		-	-	> 100	5	280	~280	~100	
Bau	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 235	8	> 100	3	121	~121	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		255	9	> 100	5	116	~116	~100	
Bbu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	230	10	> 100	4	168	~168	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		> 360	8	> 100	5	173	~173	~100	
Bcu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	215	10	> 100	4	203	~203	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		> 360	12	> 100	6	206	~206	~100	
Bdu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	253	13	> 100	5	317	~317	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		-	-	> 100	6	317	~317	~100	
Beu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	-	-	> 100	10	516	~516	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		> 360	20	> 100	12	506	~506	~100	
Dbu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	-	225	8	> 100	3	119	~119	~100	-
Ebu	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 360	10	> 100	5	153	~153	~100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0		> 360	10	> 100	5	151	~151	~100	

2) Klammerwerte: Teilmaxima ohne ausgeprägte bzw. mit  
nicht sicher erfaßter Spitze

Tabelle 5. Meßwerte bei den Brandversuchen, 225 cm lange, ebenflächige Proben

Probe- körper- Bezeich- nung	Länge des nicht zersetzten Probenteils			max.Rauchgastempe- ratur in Kaminmitte		erreicht nach Versuchsdauer		max.Flammhöhe		erreicht nach Versuchsdauer		Aus- gangs- gewicht von je 4 Proben	Gewichtsverlust (Abbrand)			
	Einzelwerte			Teil-   Gesamt- Mittelwerte	Einzel-   Mittel- 2) werte	Einzel-   Mittel- 2) werte	Einzel-   Mittel- werte	Einzel-   Mittel- werte	absolut	relativ						
	cm	cm	cm	°C	°C	s	s	cm	cm	s	s		g	g	%	%
Aby	I	170/164/169/172	169	169	114	114	13	10	50	50	5	5	291	34	11,7	12,7
	II	185/172/169/147	168	169	113	114	7	10	50	50	5	5	285	39	13,7	12,7
Acy	I	186/151/165/154	164	160	(146)	108	(11)	11	60	60	6	6	423	73	17,3	16,4
	II	165/149/147/157	155	160	(70)	108	(12)	11	60	60	5	6	421	65	15,5	16,4
Ady	I	163/166/158/159	162	167	142	140	10	9	70	60	5	5	593	101	17,0	15,8
	II	186/164/151/186	172	167	138	140	8	9	50	60	5	5	589	86	14,6	15,8
Aey	I	173/187/156/152	167	173	(111)	114	(12)	10	60	60	5	7	1176	258	22,0	17,9
	II	185/185/169/175	179	173	118	114	8	10	60	60	8	7	1107	153	13,8	17,9
Afy	I	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 360	-	8	8	>100	>100	4	4	311	311	~ 100	~100
	II	0/ 0/ 0/ 0	0	0	> 400	-	8	8	>100	>100	3	4	314	314	~ 100	~100
Agy	I	65/ 65/ 60/ 59	62	61	320	-	10	10	>100	>100	5	5	645	447	69,3	72,7
	II	60/ 60/ 60/ 60	60	61	> 240	-	10	10	>100	>100	4	5	645	489	76,0	72,7
Bay	I	151/177/146/144	155	151	125	140	6	6	60	55	5	6	258	43	16,7	19,4
	II	145/143/142/155	146	151	155	140	6	6	50	55	7	6	255	56	22,0	19,4
Bby	I	131/125/109/132	124	124	190	186	8	8	>100	>100	5	5	357	102	28,6	28,7
	II	131/134/101/130	124	124	182	186	8	8	>100	>100	4	5	354	102	28,8	28,7
Bcy	I	131/117/122/148	130	119	190	-	10	-	90	-	10	9	459	128	27,9	31,8
	II	91/ 92/124/125	108	119	-	-	-	-	>100	-	7	9	458	163	35,6	31,8
Bdy	I	133/152/150/155	148	145	207	194	10	12	80	80	12	10	687	157	22,9	26,5
	II	148/129/139/153	142	145	180	194	15	12	80	80	8	10	747	224	30,0	26,5
Bey	I	114/133/138/137	131	108	280	302	15	20	>100	>100	15	13	1104	388	35,1	44,4
	II	90/ 78/ 78/ 93	85	108	325	302	25	20	>100	>100	11	13	1117	600	53,7	44,4
Eby	I	149/134/155/146	146	152	> 150	-	8	9	70	70	5	7	328	77	23,5	21,6
	III	147/171/155/156	157	152	> 120	-	10	9	70	70	8	7	355	70	19,7	21,6
Ecy	I	170/150/127/153	150	143	(93)	125	(3)	5	90	95	5	5	357	76	21,3	23,3
	II	128/142/149/126	136	143	(158)	125	(7)	5	100	95	5	5	359	91	25,3	23,3
Eby	II <sup>1)</sup>	0/ 0/ 0/ 0	0	38 <sup>3)</sup>	240	-	9	-	>100	>100	5	7	325	325	~100	64,6
	IV <sup>1)</sup>	87/ 89/ 55/ 60	75	38 <sup>3)</sup>	-	-	-	-	>100	>100	8	7	321	102	29,1	64,6

1) mit Schnurhalterung

2) Klammerwerte: Teilmaxima ohne ausgeprägte bzw. mit nicht sicher erfaßter Spitze

3) Mittelwert unsicher

Tabelle 6. Meßwerte bei den Brandversuchen, 225 cm lange, geraffte Proben

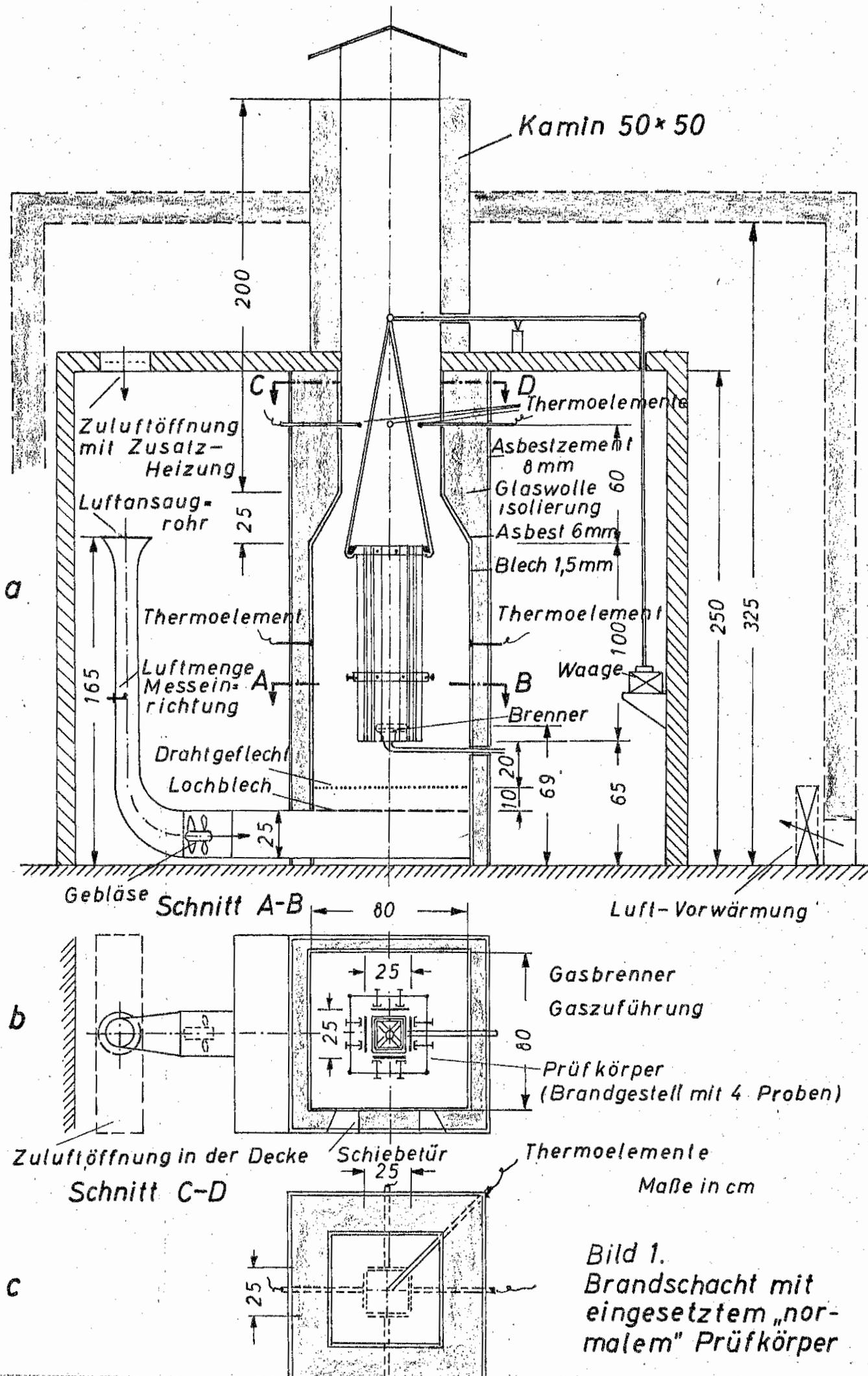
Probe- körper- Bezeich- nung	Länge des oberflächlich nicht zersetzten Probenteils			max. Rauchgastemperatur in Kaminmitte			max. Flammenhöhe		Ausgangs- gewicht von je 4 Proben	Gewichtsverlust (Abbrand)			
	Einzel- werte	Mittel- werte		Einzel- 2) °C	Mittel- werte 2) °C	erreicht nach Versuchsdauer 2) s	erreicht nach Versuchsdauer cm	erreicht nach Versuchsdauer s		g	absolut g	relativ	
		cm	cm									cm	°C
Abz	I	163/168 164/157	163	164	(90)	(96)	(8)	50	5	610	69	11,3	12,5
	II	160/170 160/165	164		(103)		(11)	60	3	595	81	13,6	
Acz	I	162/170 157/165	164	166	(120)	(121)	(12)	50	5	905	128	14,1	13,5
	II	166/171 166/168	168		(122)		(14)	60	4	898	116	12,9	
Adz	I	169/162 163/153	162	163	128	-	120	60	10	1288	199	15,5	15,0
	II	155/158 180/157	163		(123)		(12)	60	10	1282	186	14,5	
Aez	I	179/165 175/158	169	168	139	140	22	60	20	2461	396	16,1	16,3
	II	172/178 150/162	166		140		30	70	25	2473	407	16,4	
Afz	I	0/ 0 0/ 0	0	0	475	487	11	> 100	4	697	~ 697	~ 100	~ 100
	II	0/ 0 0/ 0	0		500		12	> 100	6	692	~ 692	~ 100	
Agz	I	149/155 162/152	155	152	190	201	17	> 100	11	1396	372	26,6	29,9
	II	143/150 149/149	148		212		12	> 100	8	1403	465	33,1	
Baz	I	160/163 163/166	163	165	139	-	120	60	5	586	78	13,3	12,5
	II	163/170 166/166	166		(140)		(22)	70	5	588	68	11,6	
Bbz	I	145/168 153/155	155	157	155	152	10	70	5	803	136	16,9	16,3
	II	162/157 154/164	159		148		12	70	5	816	128	15,7	

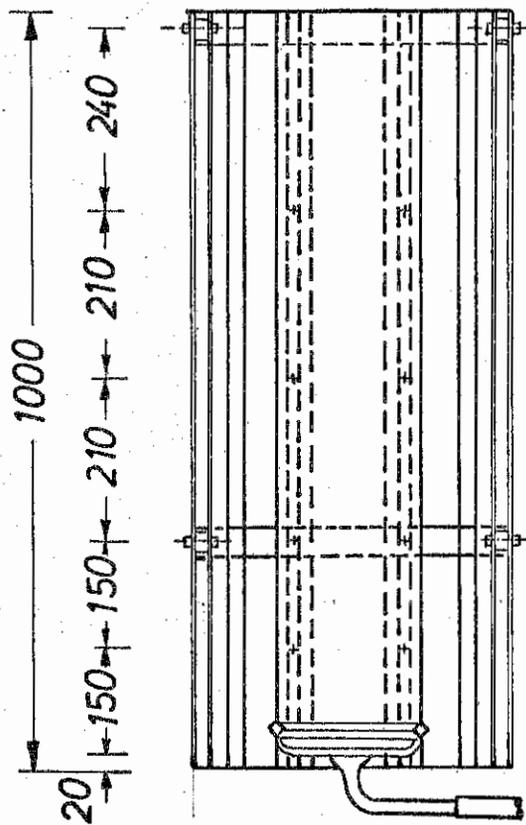
Tabelle 6. Meßwerte bei den Brandversuchen, 225 cm lange, geraffte Proben (Fortsetzung)

Probe- körper- Bezeich- nung	Länge des oberflächlich nicht zersetzten Probenteils			max. Rauchgastemperatur in Kaminmitte			max. Flammenhöhe		Ausgangs- gewicht von je 4 Proben	Gewichtsverlust (Abbrand)			
	Einzel- werte	Mittel- werte		Einzel- werte 2)	Mittel- werte 2)	erreicht nach Versuchsdauer 2)	erreicht nach Versuchsdauer	absolut		relativ			
		cm	cm							cm	°C	°C	s
Bcz	I	145/169 152/157	156	159	188	-	12	70	10	1023	179	17,5	15,4
	II	165/159 158/162	161		(130)	(22)	70	10	1008	133	13,2		
Bdz	I	162/163 161/163	162	160	138	162	12	80	10	1542	236	15,3	16,1
	II	148/169 165/148	158		185	13	80	10	1534	259	16,9		
Bez	I	153/140 146/139	145	139	237	253	25	> 100	18	2462	703	28,6	31,2
	II	137/118 140/138	133		270	27	> 100	20	2461	830	33,7		
Ebz	I	160/165 173/151	162	167	(106)	-	(24)	80	7	725	127	17,5	16,1
	III	188/175 160/168	173		-	-	60	5	761	112	14,7		
Ecz	I	163/160 164/148	159	161	(123)	(120)	(14)	80	8	794	142	17,9	17,3
	II	164/161 161/161	162		(117)	(15)	70	10	795	132	16,6		
Ebz	II <sup>1)</sup>	156/168 177/163	166	167	121	-	17	100	15	725	113	15,6	14,3
	IV <sup>1)</sup>	175/182 147/167	168		(112)	(12)	70	5	762	99	13,0		

1) mit Schnurhalterung

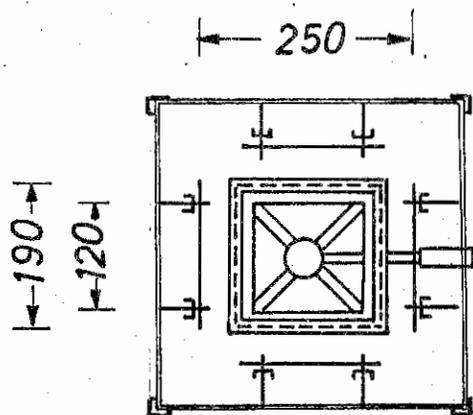
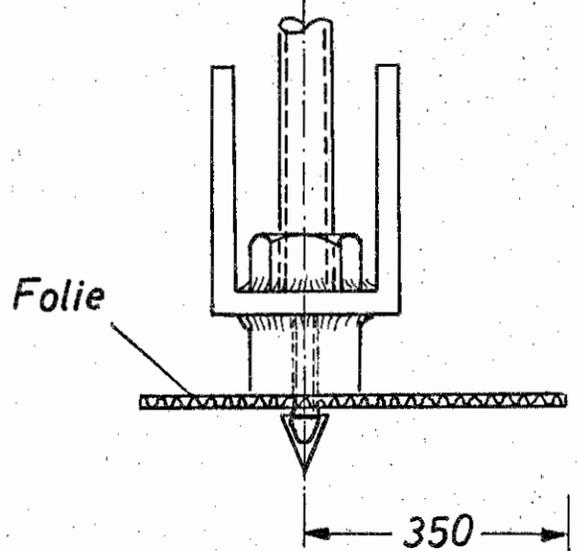
2) Klammerwerte: Teilmaxima ohne ausgeprägte bzw. mit nicht sicher erfaßter Spitze





Längsschnitt

Horizontalschnitt



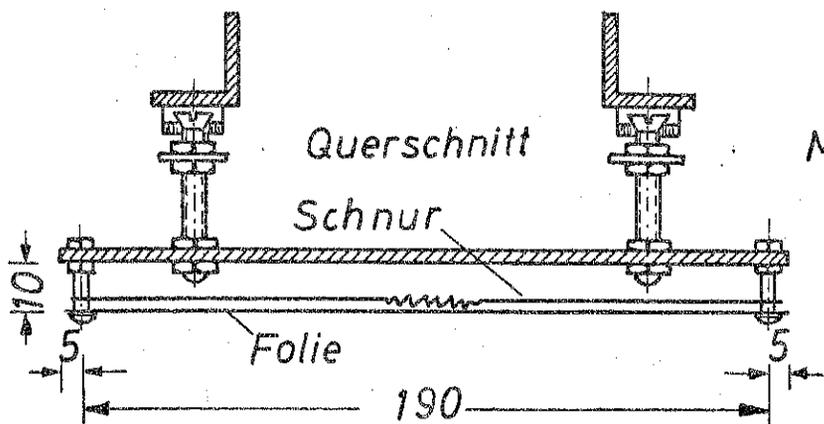
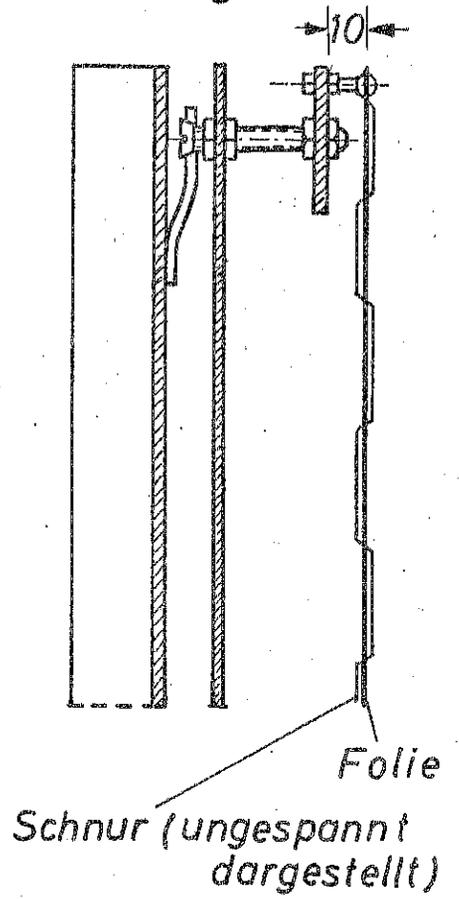
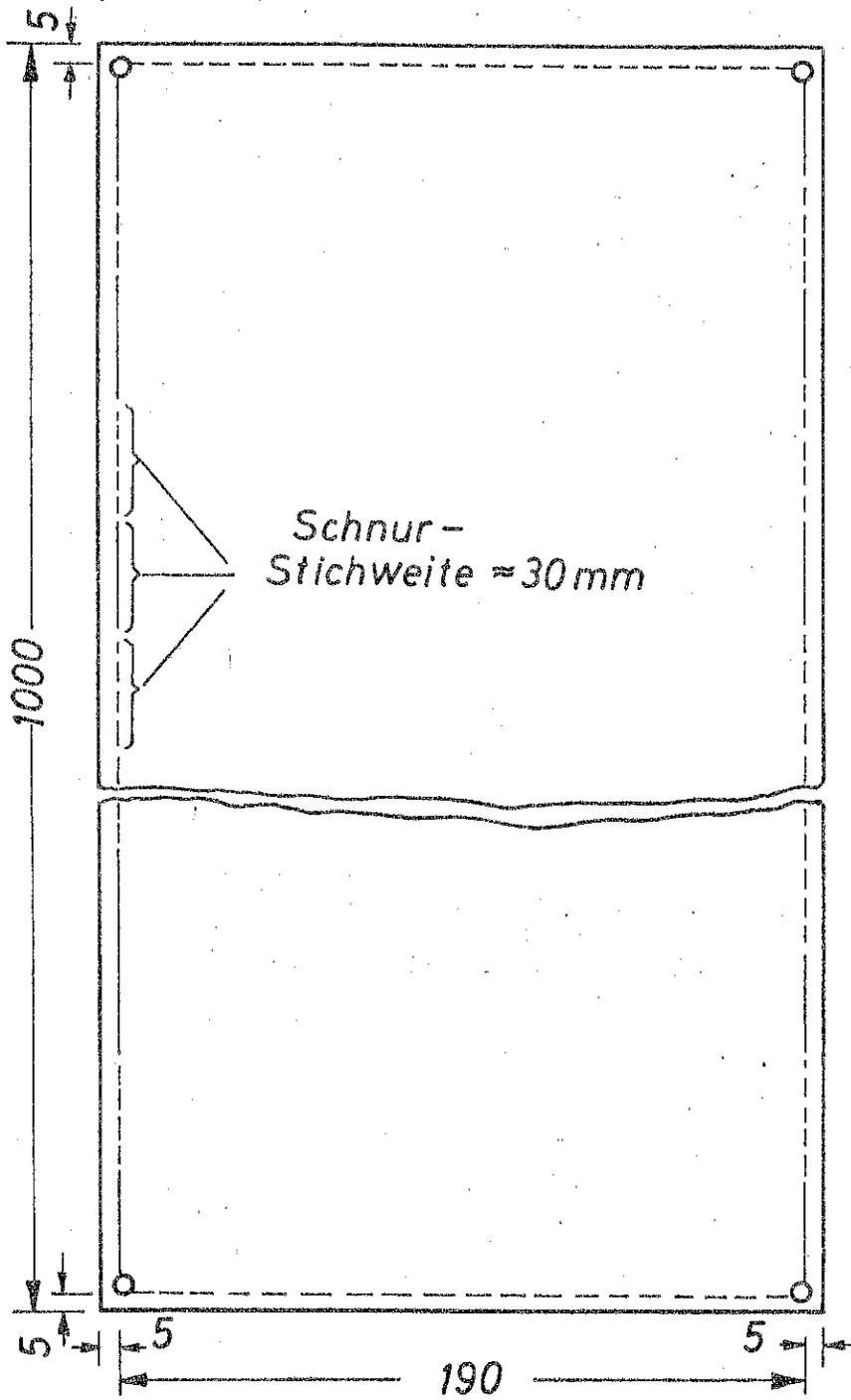
Draufsicht

Maße in mm

Bild 2. Folienbefestigung in der Haltevorrichtung auf Stiften

Ansicht einer Probe in der Halterung

Längsschnitt



Querschnitt

Maße in mm

Schnur

Folie

Bild 3. Folienbefestigung mit Schnur

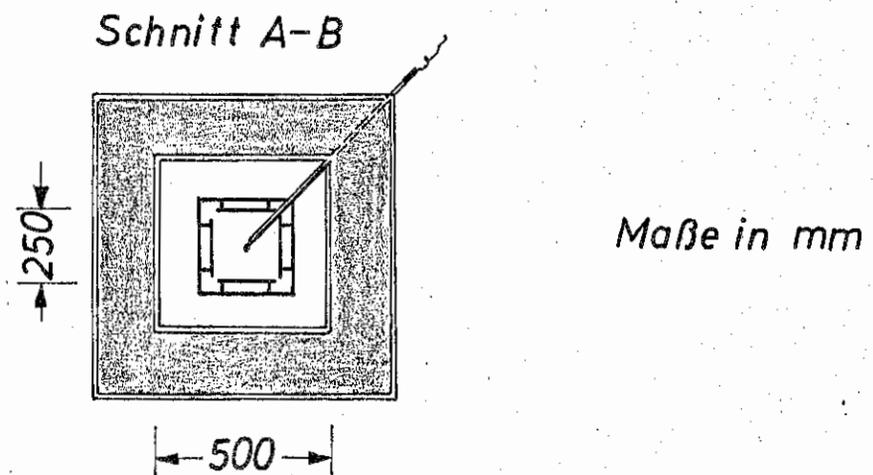
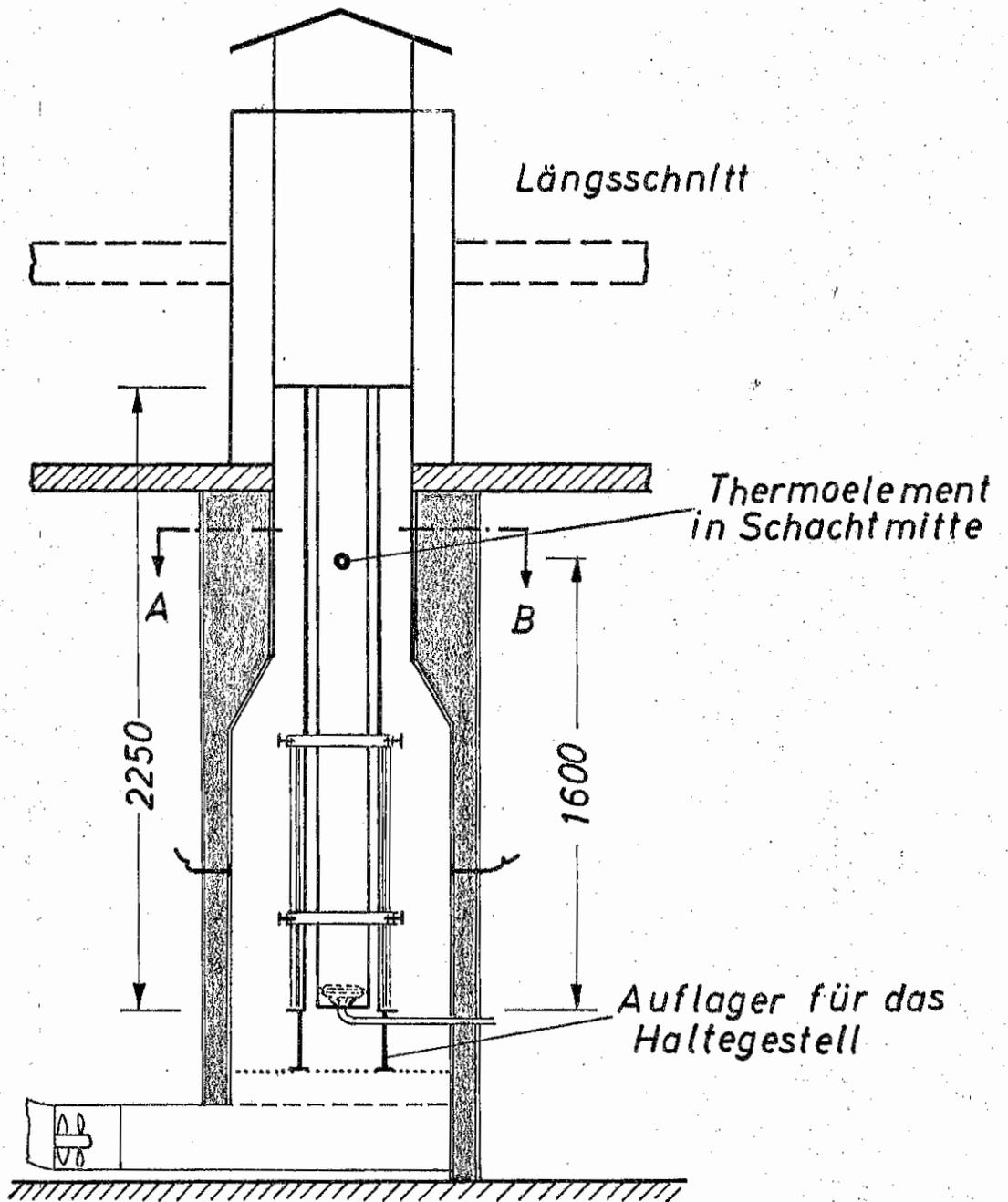
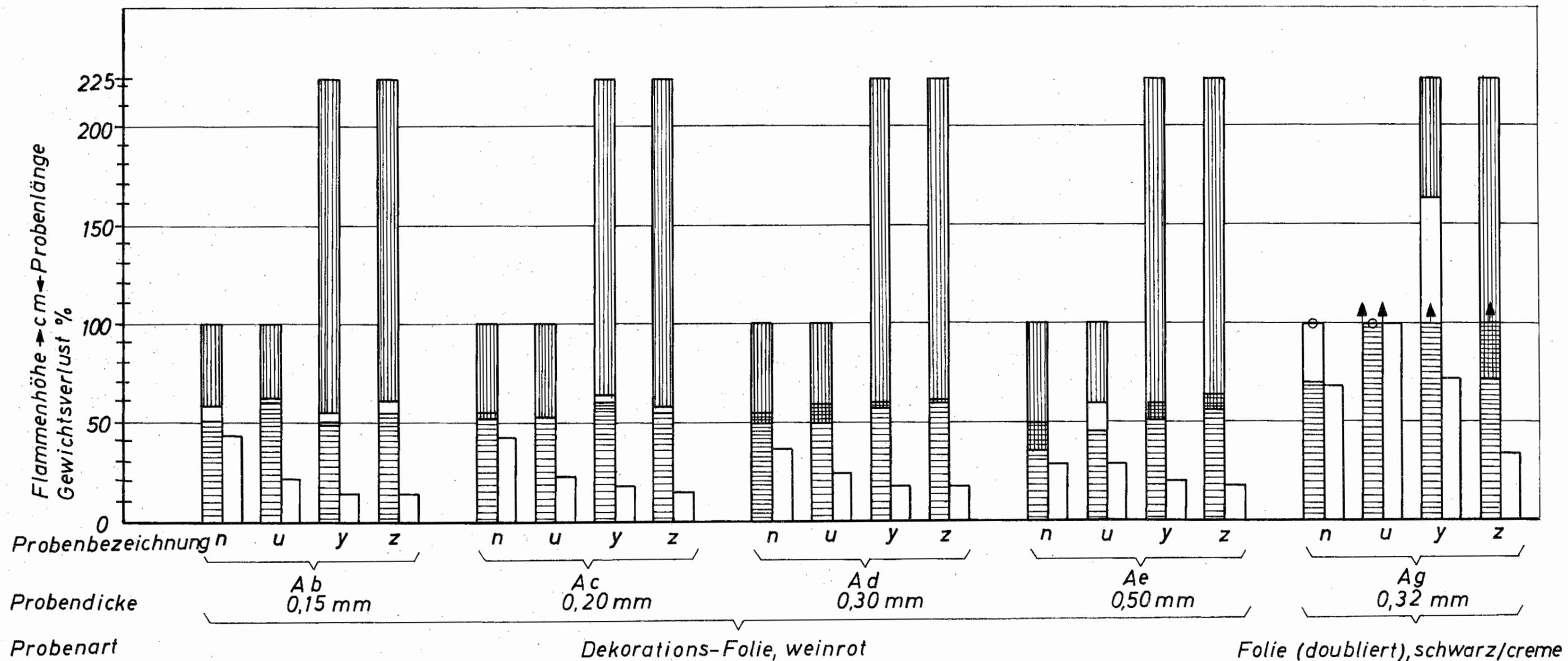


Bild 4. Anordnung der Folien mit 225cm Länge (ebenflächlich)

 Länge des nicht zersetzten Probesteils, von ursprünglicher Probenoberkante (100 cm bzw 225 cm) aus aufgetragen  
 max. Flammhöhe, von Probenunterkante (0 cm) aus aufgetragen  
 relativer Gewichtsverlust

○ Proben abgebrannt

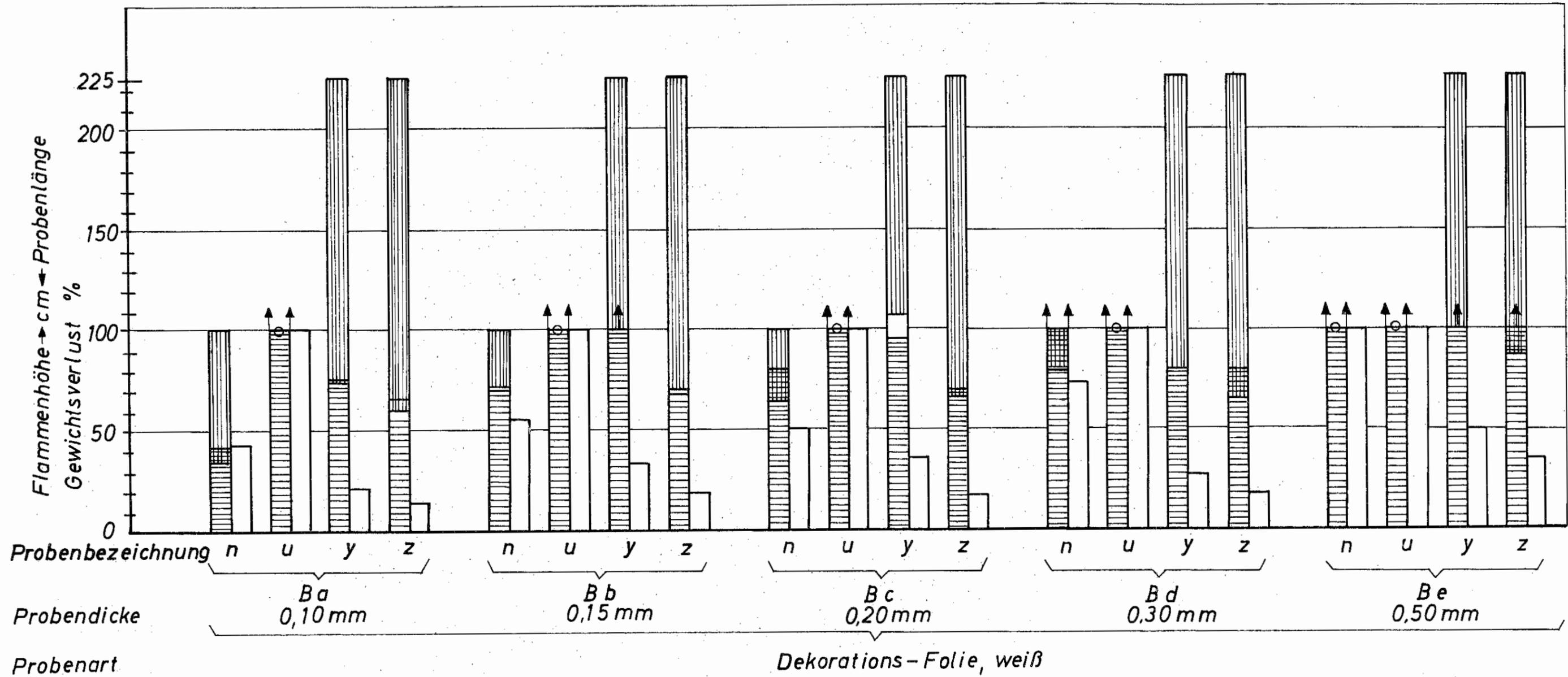
↑ Flammhöhe größer als 100 cm



Proben-		
Bez.	Länge cm	Anordnung
n	100	Halterung auf Stiften
u	100	Halterung mit Schnur
y	225	ebenflächig (Stifthalterung)
z	225	gerafft (Stifthalterung)

Bild 5 Darstellung der Mittelwerte von zersetzter Probenlänge, Flammhöhe und Gewichtsverlust bei den unterschiedlich dicken Prüfkörpern der Gruppe A

 Länge des nicht zersetzten Proben-  
 teils, von ursprünglicher Probenober-  
 kante (100cm bzw 225 cm) aus  
 aufgetragen  
 max.Flammenhöhe, von Proben-  
 unterkante (0cm) aus aufgetr.  
 rel. Gewichtsverlust  
 o Proben abgebrannt      ↑ Flammenhöhe größer als 100 cm



Proben-		
Bez.	Länge cm	Anordnung
n	100	Halterung auf Stiften
u	100	Halterung mit Schnur
y	225	ebenflächig (Stifthalterung)
z	225	gerafft (Stifthalterung)

Bild 7. Darstellung der Mittelwerte von zersetzter Probenlänge, Flammenhöhe und Gewichtsverlust bei den unterschiedlich dicken Prüfkörpern der Gruppe B

Probengruppe	Länge	Befestigungsart bzw. Form
A	100 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ n Stifthalterung</li> <li>○ u Schnurhalterung</li> </ul>
B	225 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ y ebenflächlich</li> <li>● z gerafft</li> </ul>

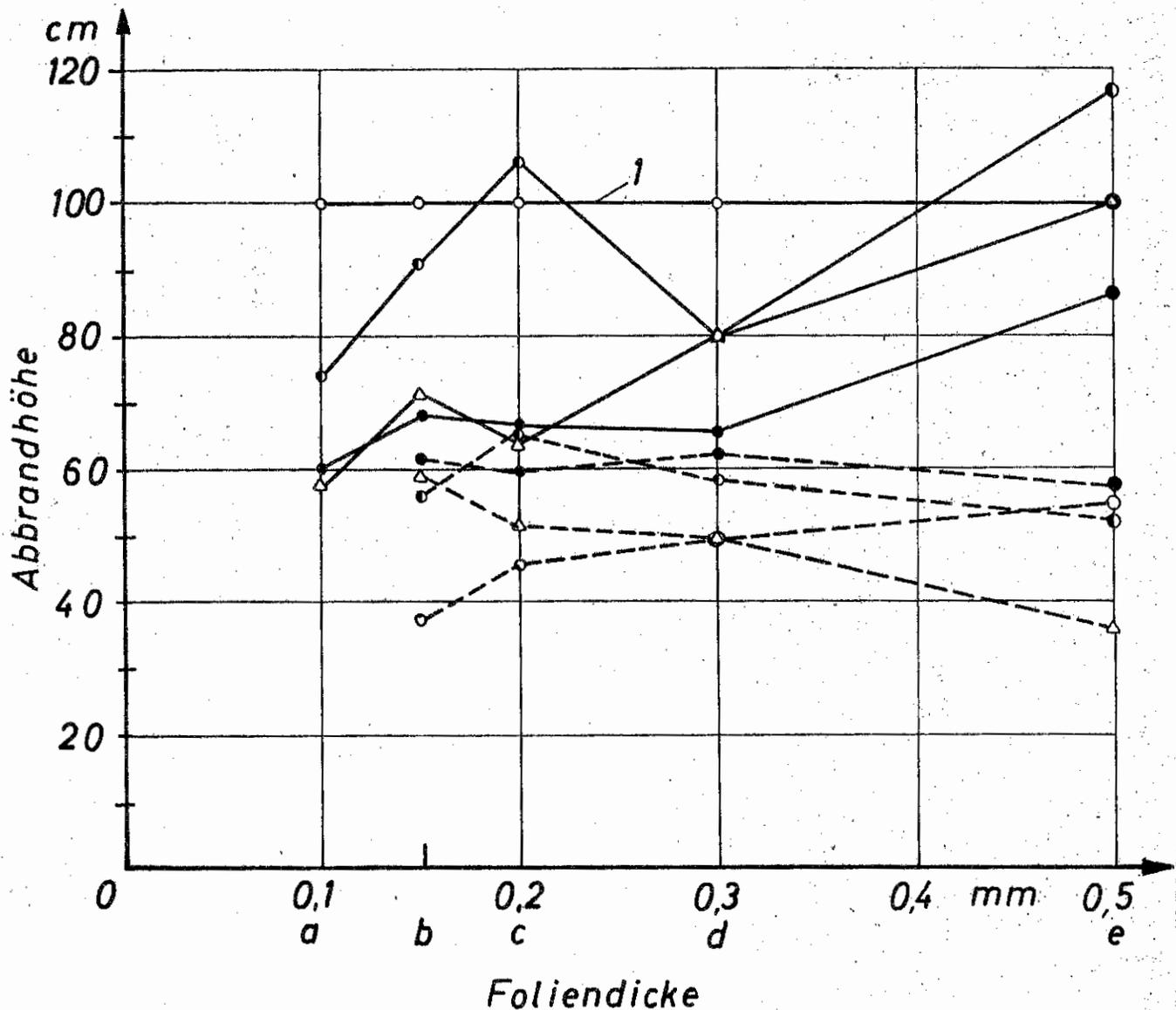


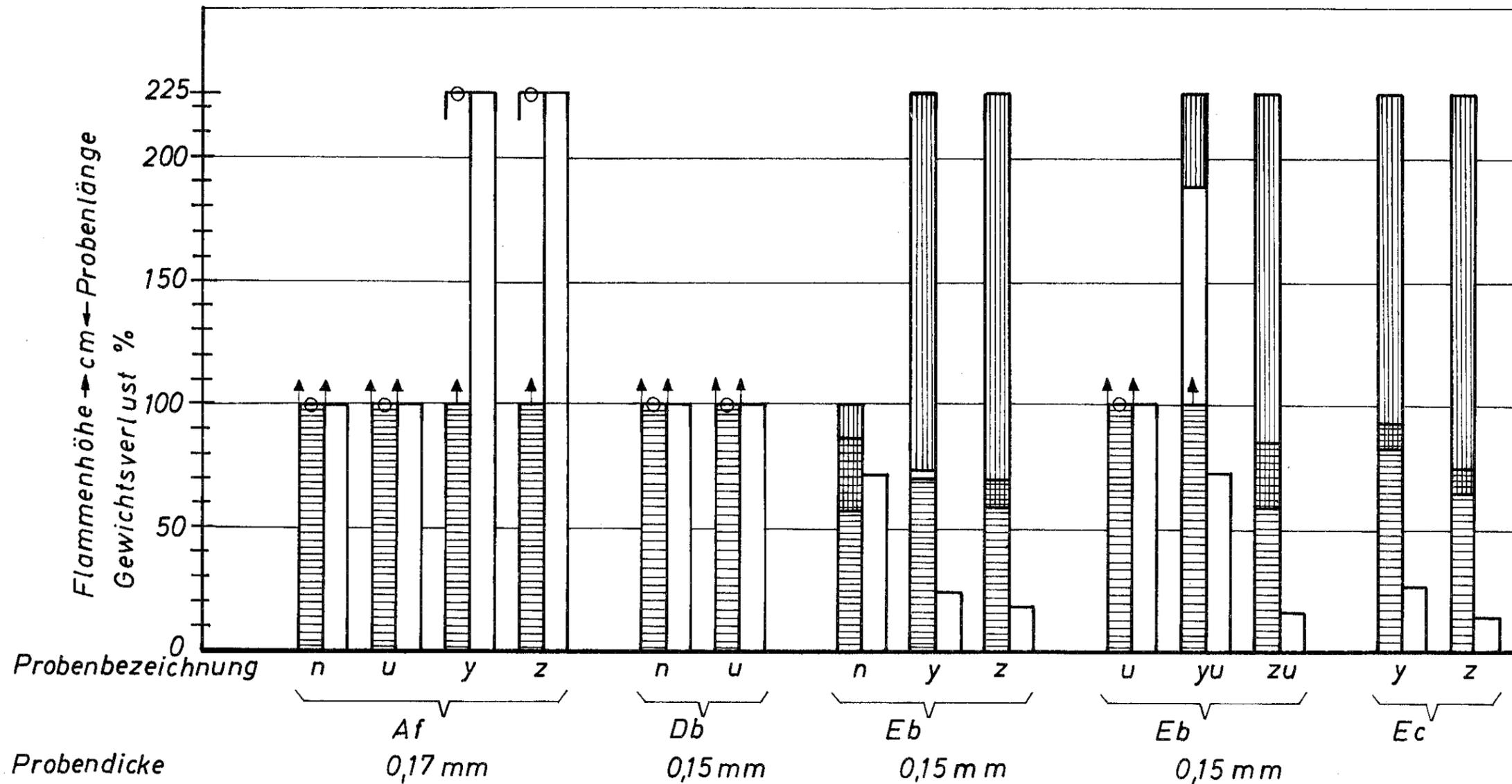
Bild 9. Abhängigkeit der zersetzten Probenhöhe (Abbrandhöhe) von der Foliendicke bei Proben der Gruppe A und B, jeweils Proben der Dicken a, b, c, d, und e

1) Proben gänzlich abgebrannt

 Länge des nicht zersetzten Proben-  
 teils, von ursprünglicher Probenober-  
 kante (100 cm bzw 225 cm)  
 aus aufgetragen
  max. Flammenhöhe, von  
 Probenunterkante (0 cm)  
 aus aufgetragen
  rel. Gewichtsverlust

○ Proben abgebrannt

↑ Flammenhöhe größer als 100 cm



Proben		
Bez.	Länge cm	Anordnung
n	100	Halterung auf Stiften
u	100	Halterung mit Schnur
y	225	ebenflächig, Stifthalterung
yu	225	ebenflächig, Schnurhalterung
z	225	gerafft, Stifthalterung
zu	225	gerafft, Schnurhalterung

Bild 10. Darstellung der Mittelwerte von zersetzter Probenlänge, Flammenhöhe und Gewichtsverlust bei den Prüfkörpern Af, Db, Eb, u. Ec

Proben- gruppe	Dicke mm
A b	0,15
A c	0,20
A d	0,30
A e	0,50
A g	0,30 (doubliert)
Nullkurve	

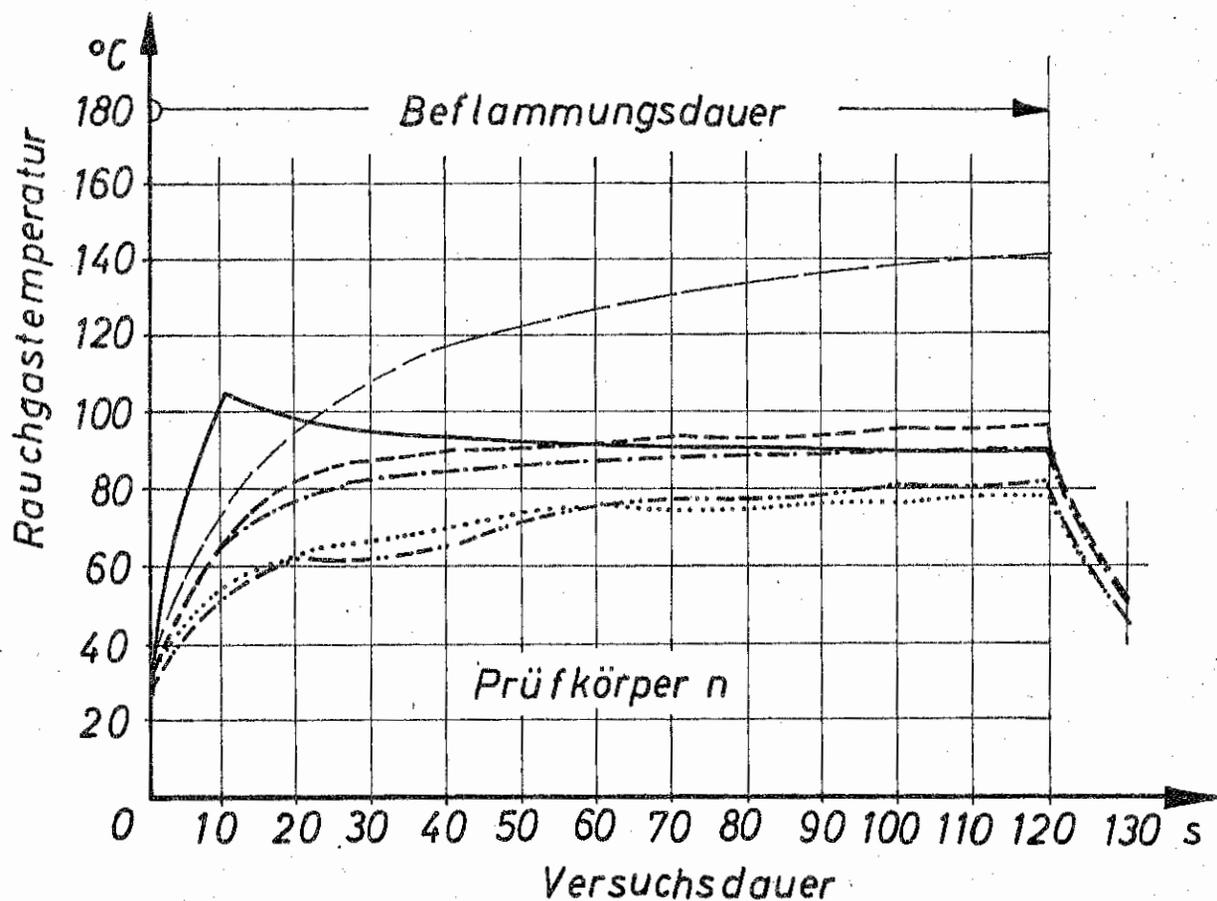


Bild 12a. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnitts-  
mitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien  
verschiedener Dicke der Gruppe A  
Folien 100cm lang, Stifthalterung

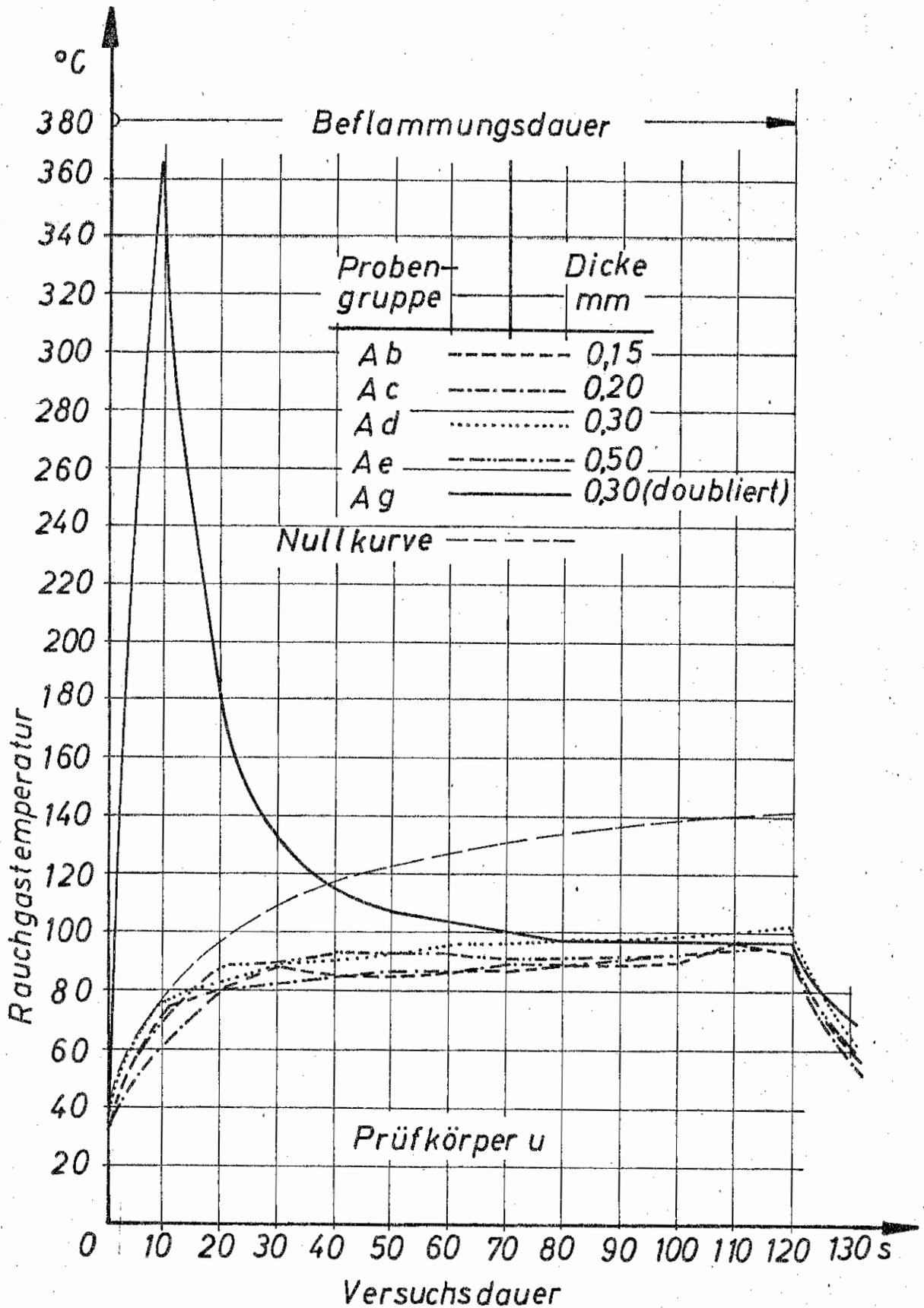


Bild 12b. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnitts-  
mitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien  
verschiedener Dicke der Gruppe A  
Folien 100cm lang, Schnurhalterung

Proben- gruppe	Dicke mm
Ab	0,15
Ac	0,20
Ad	0,30
Ae	0,50
Ag	0,30 (doubliert)
Nullkurve	

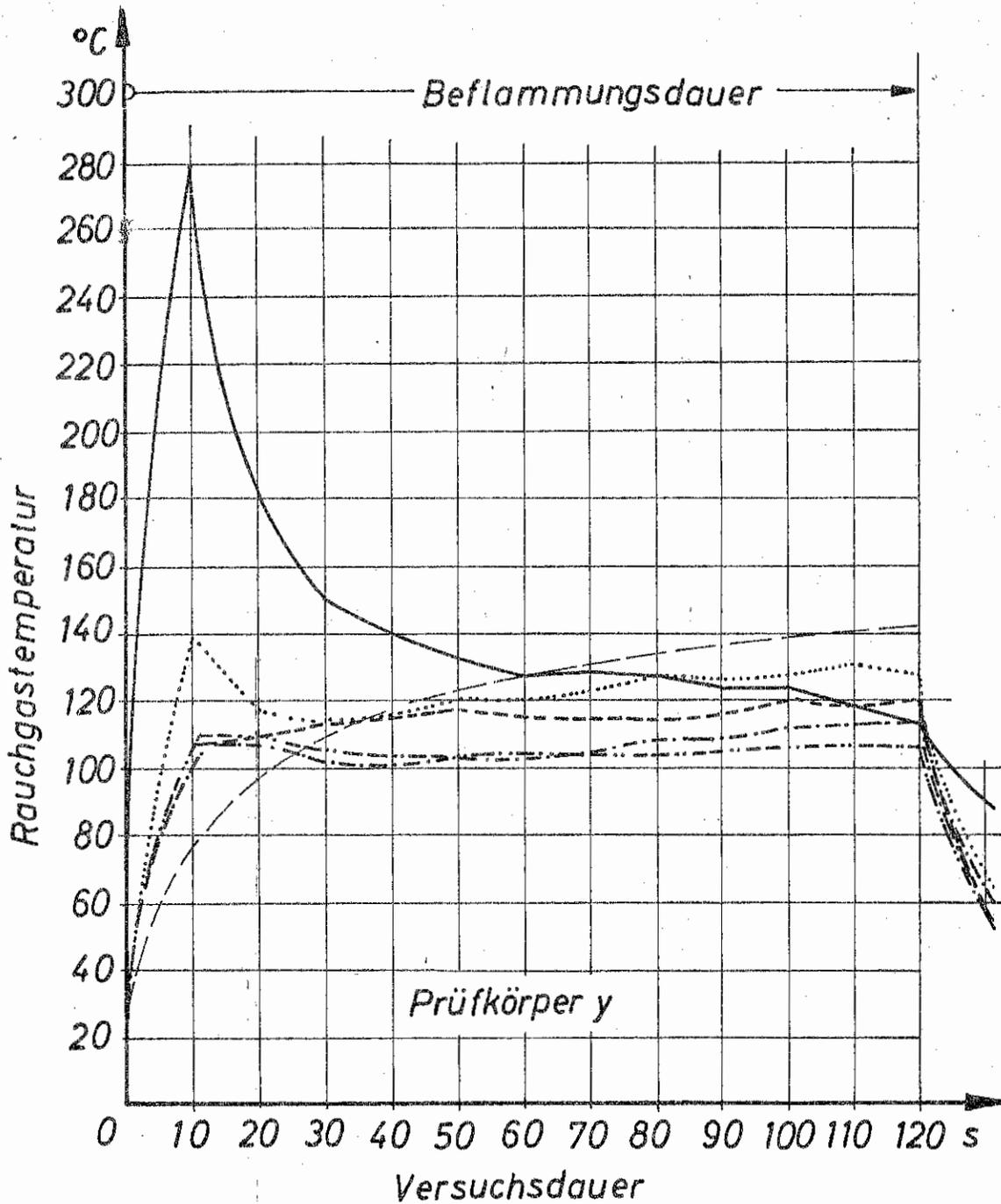


Bild 12c. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnittsmitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien verschiedener Dicke der Gruppe A  
Folien 225cm lang, eben

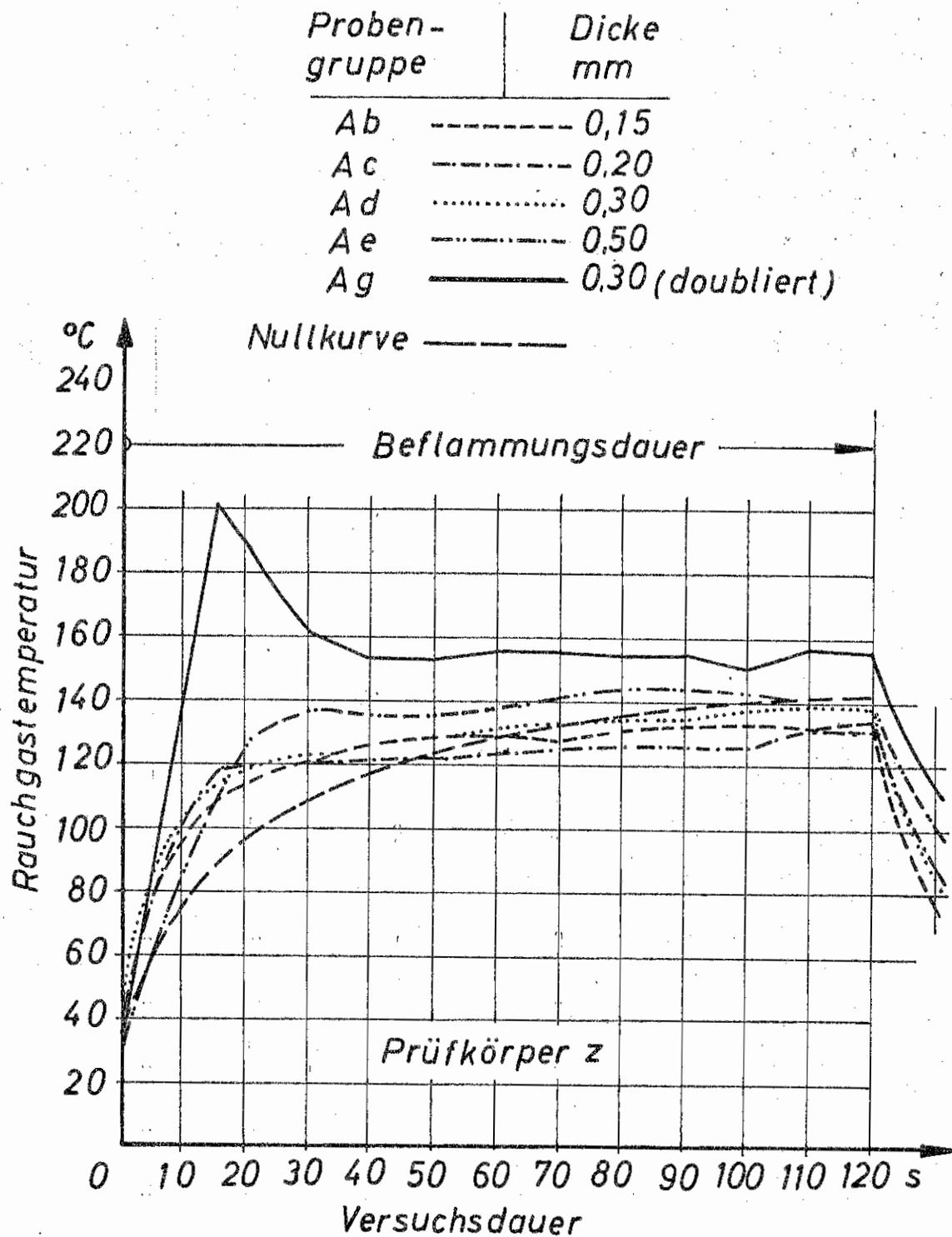


Bild 12d. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnitts-  
mitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien verschie-  
dener Dicke der Gruppe A  
Folien 225cm lang, gerafft

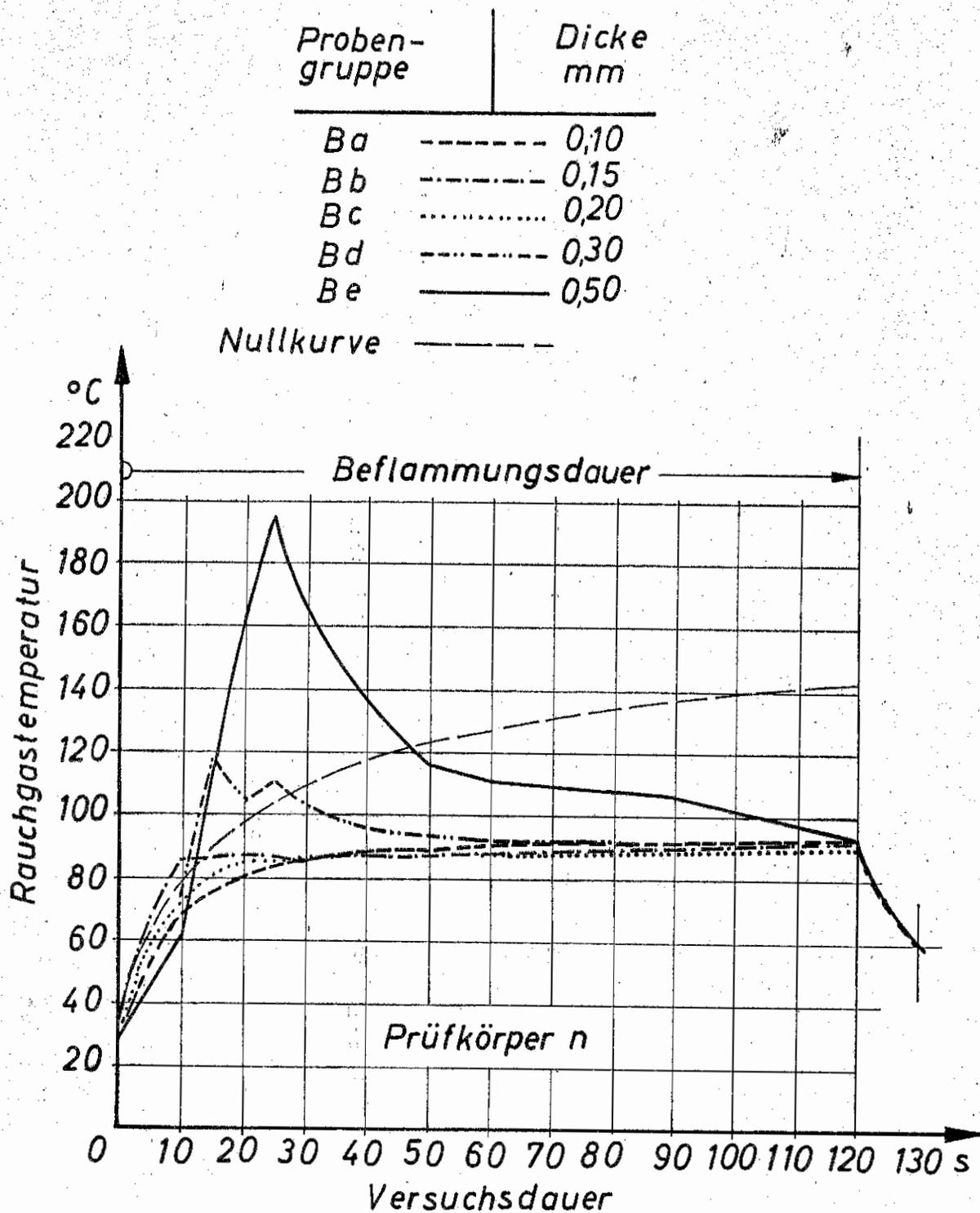


Bild 13a. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnitts-  
mitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien  
verschiedener Dicke der Gruppe B  
Folien 100cm lang, Stifthalterung

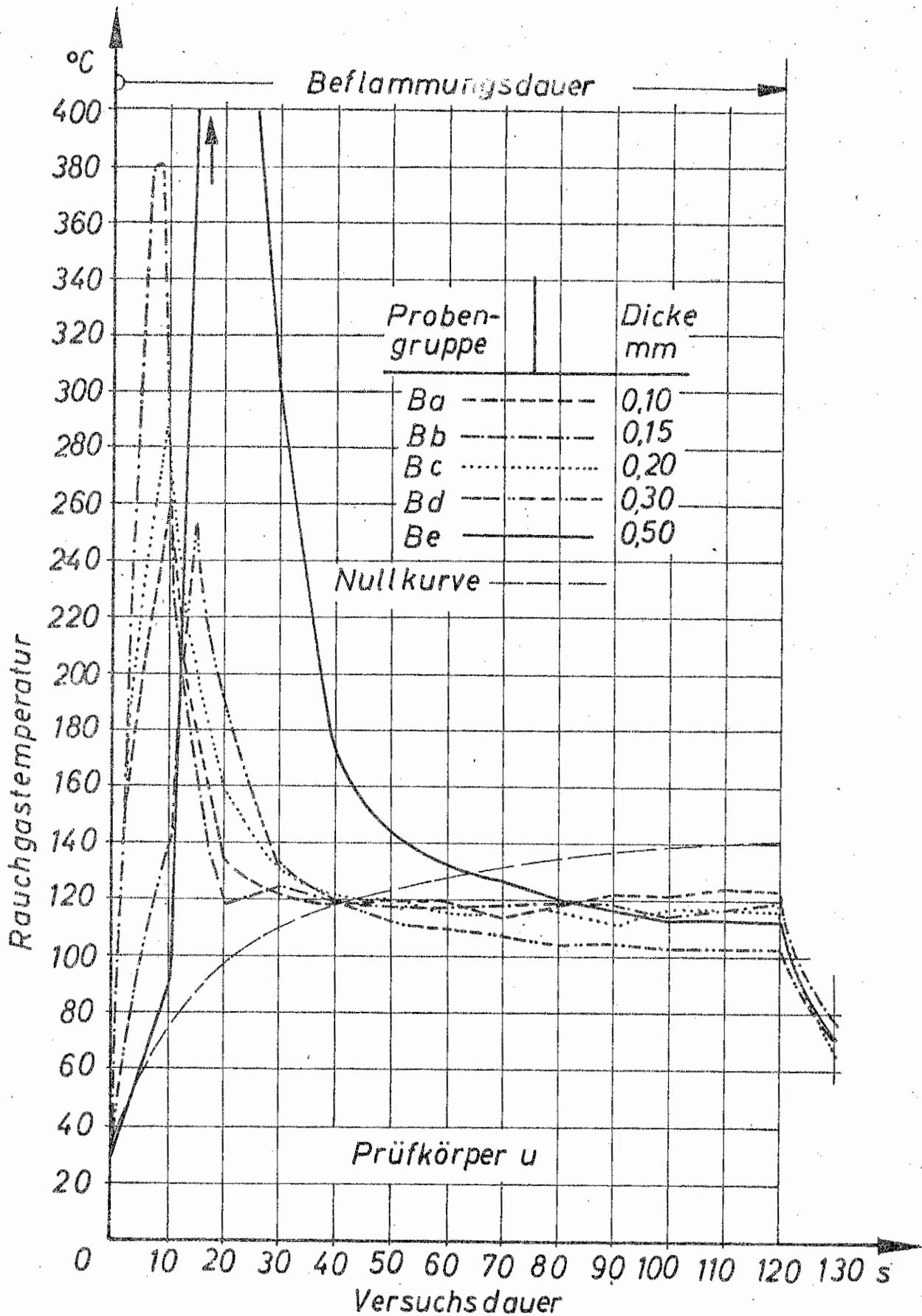


Bild 13b. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnittsmitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien verschiedener Dicke der Gruppe B  
Folien 100cm lang, Schnurhalterung

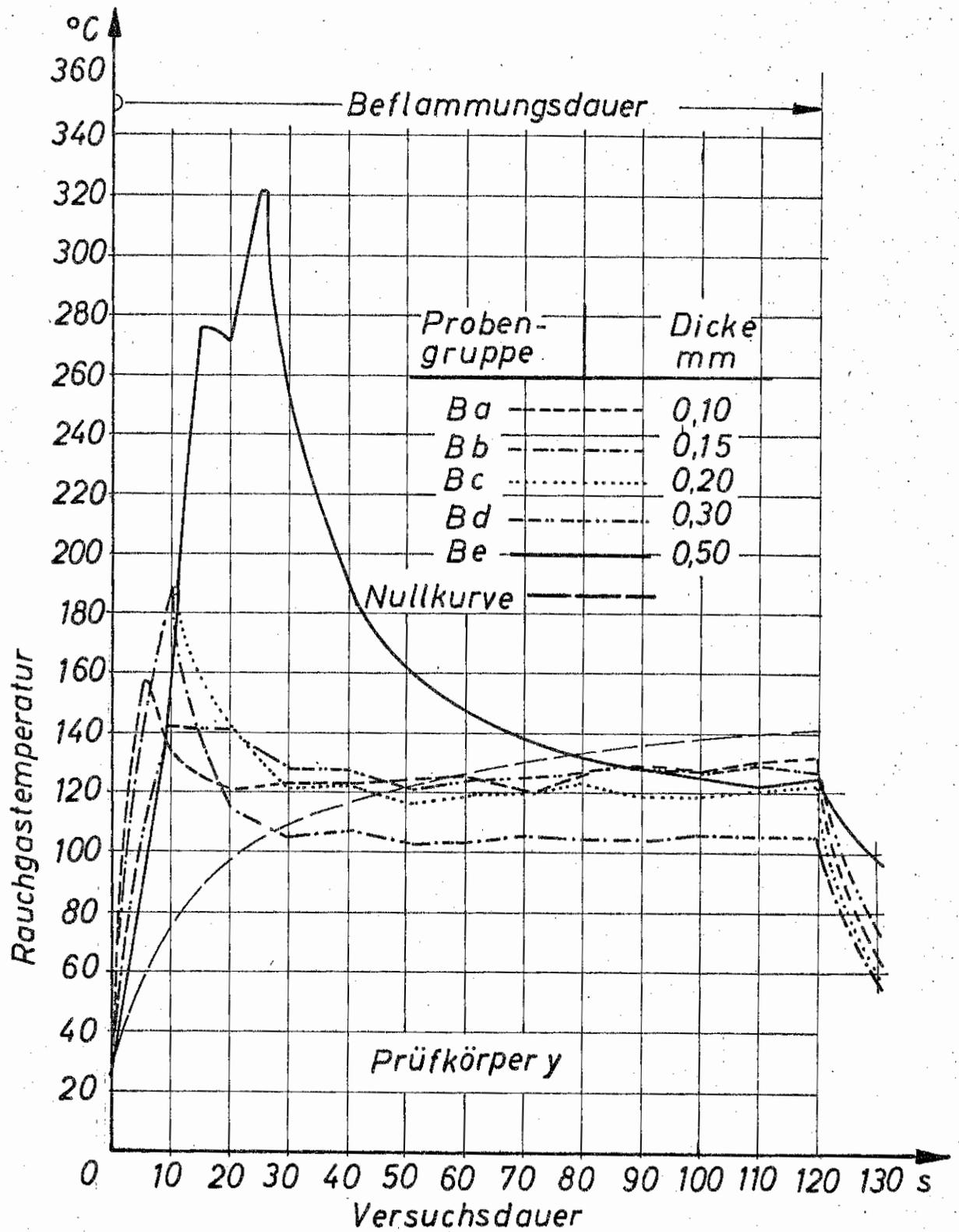


Bild 13c. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnittsmitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien verschiedener Dicke der Gruppe B  
Folien 225 cm lang, ebenflächig

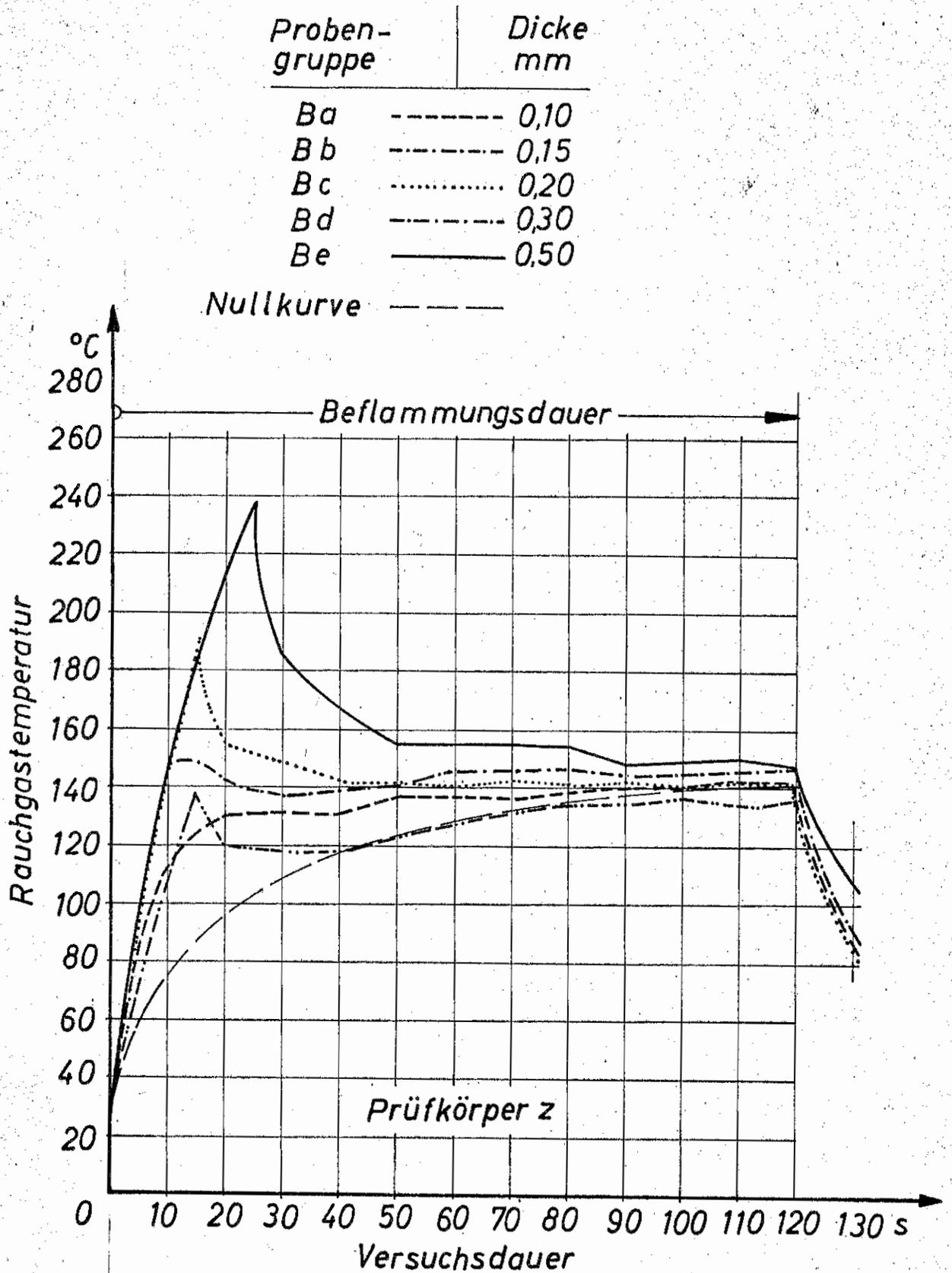


Bild 13d. Temperaturverlauf der Rauchgase in Querschnittsmitte-  
des Brandschachts bei Versuchen mit Folien verschiedener  
Dicke der Gruppe B  
Folien 225 cm lang, geräfft

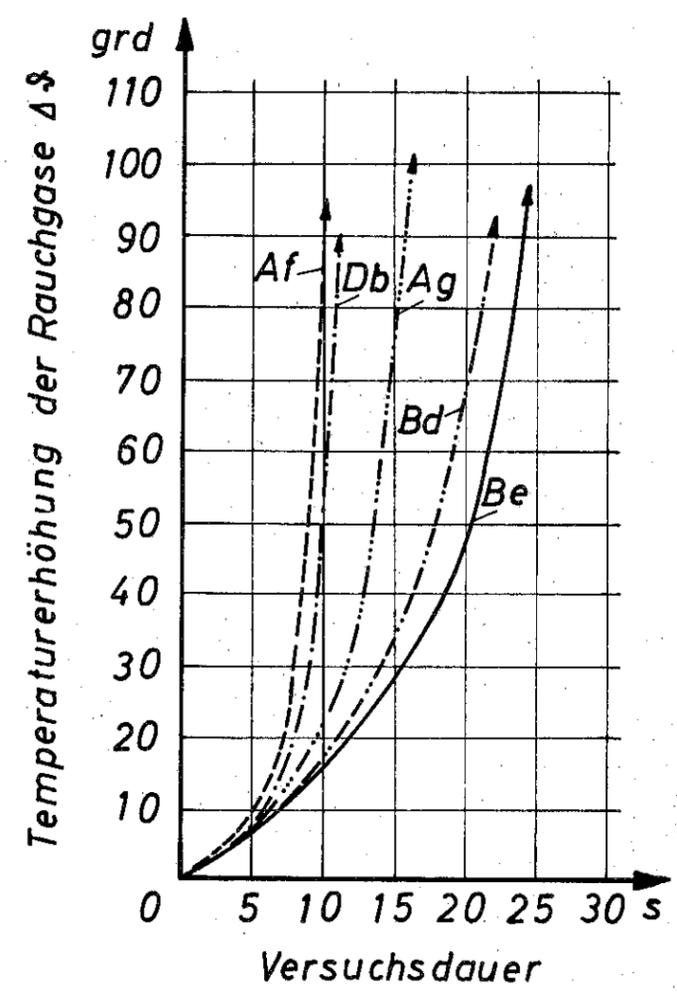


Bild 14 a  
Proben 100 cm lang, Stifthalterung

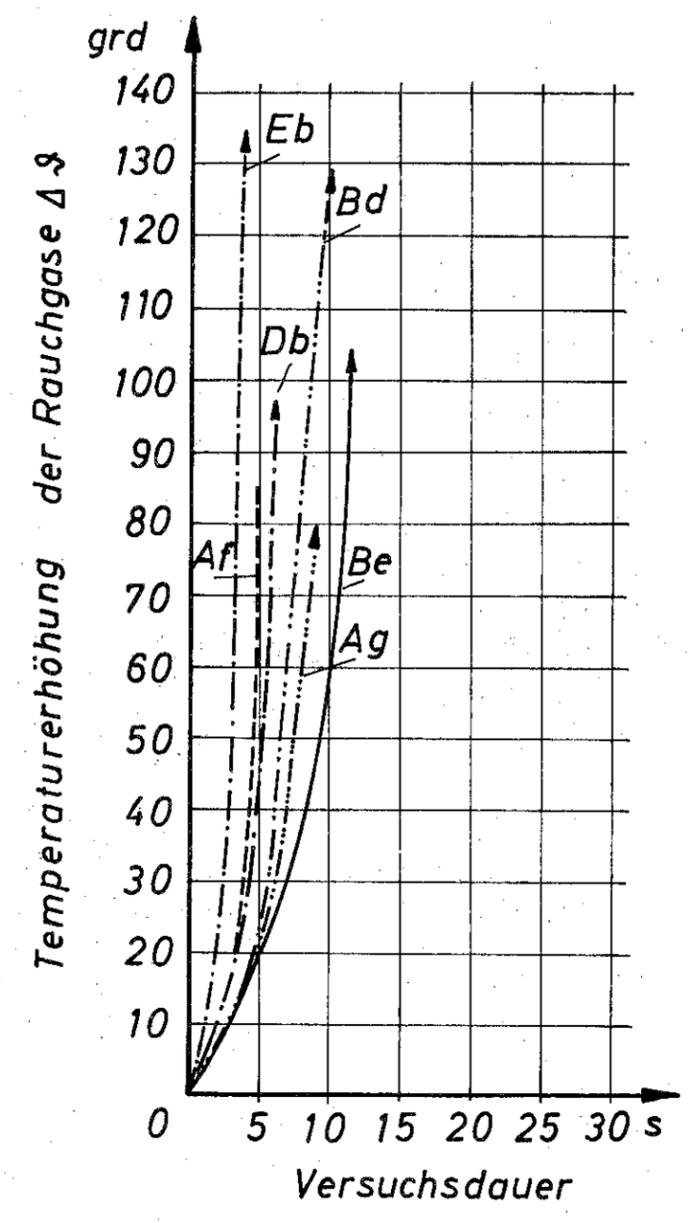


Bild 14 b  
Proben 100cm lang, Schnurhalterung

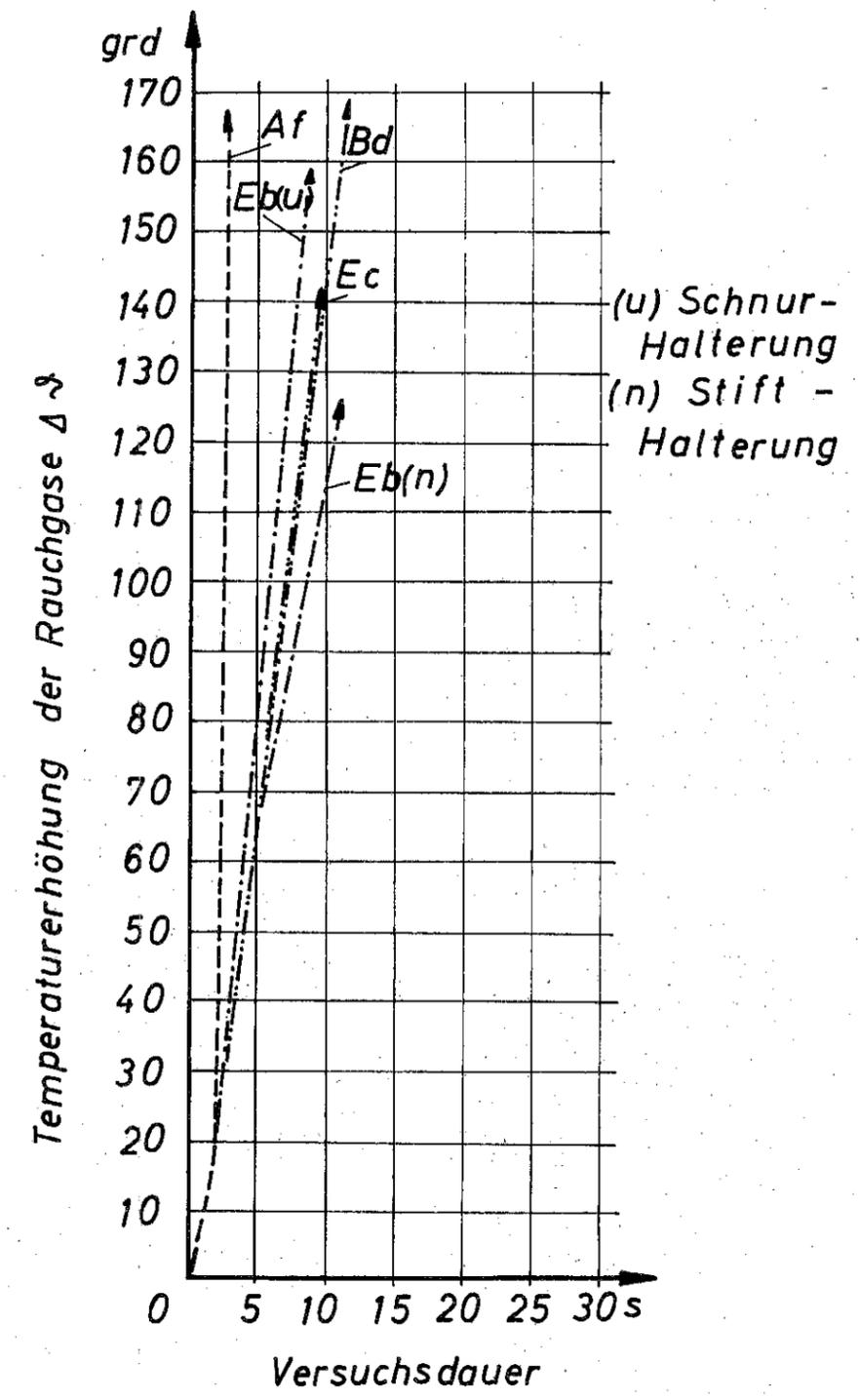


Bild 14 c  
Proben 225 cm lang, ebenflächig

Bilder 14a bis 14c. Verlauf der Temperaturerhöhung der Rauchgase (Anfangsstadium der Beflammung) in Querschnittsmitte des Brandschachts bei Versuchen mit Folien der Gruppen A, B, D und E, die rasche Brandentwicklung zeigten.